

巡回セールスマン問題を解く単電子粘菌回路の新設定 New settings of single-electron amoeba circuit for solving Traveling Salesman Problem

○竹本 椋¹, 大矢 剛嗣^{1,2} 1 横国大理工, 2 横国大 IMS

○Ryo Takemoto¹, Takahide Oya^{1,2}

1 College of Eng. Sci., Yokohama Nat'l Univ., 2 IMS, Yokohama Nat'l Univ.

Email: takemoto-ryo-hn@ynu.jp

【研究背景・目的】

近年、情報化社会の基盤となっているノイマン型コンピュータは、最適化問題等の非線形情報処理を苦手としている。そこで、本研究ではそのような情報処理を行える新たな回路として単電子回路に着目している。

単電子回路は量子効果を利用することで、電子を一個単位で制御可能な回路であり、並列処理等の利点を有する。その一方、未だ最適な情報処理手法が確立されていない。

そこで、自然界の生物である粘菌が情報処理的な挙動を取ることに着目した。粘菌は餌を求めて自らの体を外部に広げる一方、光刺激を受けるとそれを避けるよう体を縮めるといった挙動を取る。これらを利用し、巡回セールスマン問題の最適解が導出可能であることが報告されている^[1]。

本研究では、粘菌による巡回セールスマン問題の求解における一連の流れを単電子回路上で表現し、巡回セールスマン問題の最適解を導出する新たな情報処理回路の実現を目的とする。

【研究内容】

単電子回路上で粘菌による巡回セールスマン問題の求解を表現するにあたって、単電子振動子を二次元上に配列した楕形の回路(Fig. 1)を用いる。回路の左端から外部電圧による電子トンネルが発生する度に、それに基づいた電圧変化の波が右側の各レーンへと拡散する。各レーンは都市とその訪問順に対応しており、経路幅が狭いレーンでは波が伝搬しにくいことが分かっている。本研究ではバイアス電圧を逐次的に変化させることで経路幅を調整し、各レーンの端部に波が到達する回数に差異が生まれ、解が導出される。バイアス電圧の調整には、都市間のコスト、粘菌がレーンに占める体積等を用いるが、粘菌の体積の増減は、定数を用いて表現している。

前回の報告^[1]では、先行研究^[2]において最適解を導出できなかった問題を波の到達回数に一定の基準を設けることで解決した。また、都市数を増加させた場合のシミュレーションでは、10都市の巡

回セールスマン問題で、さらなる性能向上へ改良が必要であった。

この問題における解である巡回経路は、出発した都市に戻る経路である。それが表現できていない問題を解決するため、最初に訪れる都市と最後に訪れる都市にも結合のコストを設けることでより適切な解が導出された。

さらに、都市数を N としたとき外部計算がレーン数 N^2 に比例して増加することを考慮して、外部計算を削減した。具体的には、粘菌の体積の増加に、定数ではなく電子トンネルの波の到達回数を導入した。

現在は12都市までの巡回セールスマン問題でシミュレーションを行っており、巡回コストの小ささで上位0.5%以内に入る解が安定して導出されている。詳細は講演にて述べる。

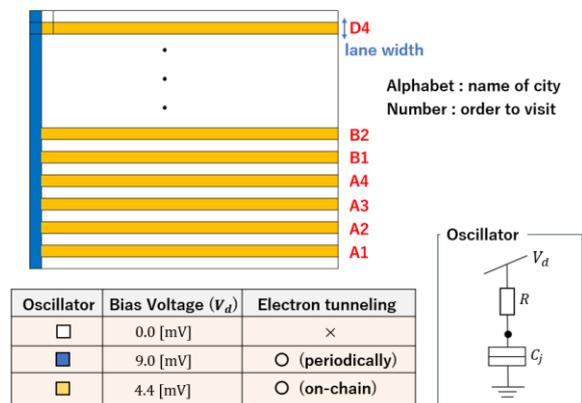


Fig. 1 Design of comb-shaped circuit

【参考文献】

- [1] Liping Zhu et al., Royal Society Open Science, vol. 5, pp. 1-13, (2018).
- [2] 松岡拓哉, 他, 第 82 回応用物理学会春季学術講演会, 13a-N403-6, (2021).
- [3] 竹本椋, 他, 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会, 19a-D63-4, (2024).

【謝辞】

本研究の一部は JSPS 科研費・基盤研究 (A) (JP23H00169) の助成を受け実施された。