

アリの挙動に学ぶ単電子情報処理回路への

シミュレーテッド・アニーリング実装検討

Simulated annealing implementation in single-electron information processing circuit mimicking behavior of ants

○岡田壮一、大矢剛嗣（横浜大院理工）

○Soichi Okada, Takahide Oya (Yokohama National Univ.)

Email: okada-souichi-mn@ynu.jp

【研究背景・目的】

近年、ナノテクノロジーの発展に伴い、数々のナノデバイスが誕生している。その一例として挙げられるのが単電子回路である。単電子回路は電子を一個単位で制御することができる回路であり、低消費電力、並列計算などの特徴がある。その一方で、具体的な情報処理手法が未だ確立されていないという課題も存在する。そこで、情報処理の手本として自然界における生物について注目した。中でも、本研究では蟻の挙動について着目する。

蟻にはフェロモンを分泌しながら歩き、仲間がそのフェロモンを辿って歩くという習性がある。この習性を利用することで、蟻は巣から餌までのルートを伝達し合っている。また、蟻のフェロモンは揮発性で時間とともに蒸発する性質がある。そのため、時間が経つと巣から餌までの最短経路上でフェロモンの濃度が濃くなり、蟻が行列を作ることになる。この蟻の情報処理システムを単電子回路上で表現し、新たな情報処理システムの実現を目的とする。

【研究内容】

前回の報告^[1]では、先行研究^[2]の課題の一つであった解の導出確率が不十分という問題を解決するために、シミュレーテッド・アニーリング法^[3]を利用する第一段階としてフェロモン濃度を表す単電子振動子（以下「フェロモン振動子」とする。）に熱を導入した。単電子回路は熱雑音による影響を受けやすく、その影響が無視できる場合とは異なる挙動を示し、温度が高くなるにつれて電子トンネルの回数が上昇する(Fig. 1)。この温度変化に応じてトンネル回数が増加するということに着目し、シミュレーテッド・アニーリングとの対応付けとして、シミュレーション上で一定の時間ごとにフェロモン振動子の温度を低下させた。これにより、最初の方では熱雑音の影響によりフェロモン振動子が活発に電子トンネルを行うことで、解の探索範囲が拡大する可能性があることを示すことができたが、途中で蟻の歩行を表

す回路の電子トンネルが止まってしまい、最適解を導出することが出来なかった。

これを解消するために、フェロモン振動子ではなく蟻の歩行を表す回路の方に熱を導入した。こうすることで解の探索範囲を広げるだけでなく、途中で電子トンネルが途切れるという問題が解決できると考えている。また、フェロモン振動子は電位の大きさを濃度に対応付けているため、フェロモン振動子に熱を加えるよりも、これまでの知見を踏まえると今回の提案の方がより良いと考える。なぜかという、蟻の歩行を表す回路に熱を加える場合は、トンネル回数の上昇が直接的に回路に影響すると考えているからである。詳細は講演にて述べる。

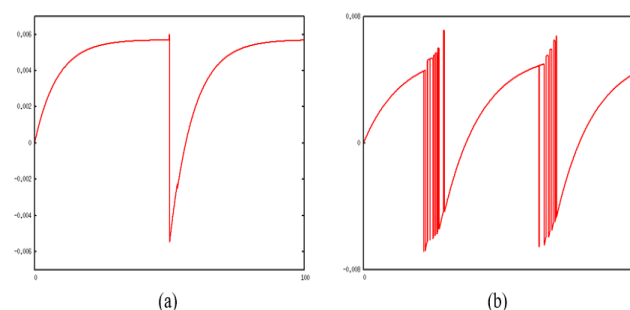


Fig. 1 (a) Sample operation of a single-electron oscillator with added thermal noise (2K)
(b) Sample operation of a single-electron oscillator with added thermal noise (4.2K)

【参考文献】

- [1] 岡田壮一、他、第 82 回応物学会秋季学術講演会, 13a-N403-7, (2021).
- [2] 小尾勇志、他、第 61 回応物学会春季学術講演会, 17a-F11-3, (2014).
- [3] P. Stodola, Nature Comp. 19, 463, (2020).

【謝辞】

本研究の一部は JSPS 科研費・基盤研究 (A)(JP18H03766), (B)(JP19H02545) の助成を受け実施された。