

## ミツバチの採餌行動を模倣した単電子回路の構築

### Design of single-electron circuit mimicking foraging behavior of honeybee swarm

○田鍋 俊彦、大矢 剛嗣 (横国大院工)

○Toshihiko Tanabe, Takahide Oya (Yokohama National Univ.)

Email: [tanabe-toshihiko-mv@ynu.jp](mailto:tanabe-toshihiko-mv@ynu.jp)

#### 【研究背景・目的】

我々は、ナノデバイス向けの新規情報処理システムの構築と応用の検討を進めている。本研究ではナノデバイスとして単電子デバイスを対象とし、適用するアーキテクチャとして、生物や自然界で見られる現象に着目する。これは、生物や自然界には、体系だった高度な情報処理を行う現象が見られるためである。その行動の1つにミツバチの採餌行動がある。ミツバチは蜜源(餌場)を発見すると巣に帰り、ダンスを行い、情報を共有する。これは8の字ダンスと呼ばれ、位置、蜜の量や質といったパラメータを他の蜂に伝える。情報を伝達して共有することで適切な数の蜂を蜜源に誘導する。この蜜源の発見から誘導までを繰り返し、ミツバチは蜂の巣と各餌場に対し、労働量と採れる蜜量が最適化されるようになっている。この行動は物理現象としてモデル化が行われ、そのモデルは巡回セールスマン問題、容量制約付きの運搬経路問題などの最適化問題に対し有効だという研究の報告例がある<sup>[1]</sup>。

本研究では、ミツバチの採餌行動を単電子回路の挙動に対応させることにより、ミツバチの採餌行動を模倣した回路の提案、設計を行う。これによる、新動作原理のデバイスの設計を本研究の目的とする。

#### 【研究内容】

前回は、単電子振動子、単電子メモリの2種類の回路を用いて、ミツバチがランダム探索を行い、餌場を発見するという挙動が表現できることを示した<sup>[2]</sup>。単電子振動子は抵抗、ノード、トンネル接合が直列接続された回路である<sup>[3]</sup>。単電子メモリはキャパシタ、ノード、2重のトンネル接合が直列接続された素子である。

今回はこの2種の単電子回路を用いて入力情報から餌場の評価判定を行う回路の提案とそのシミュレーションを行った。提案する評価回路は入力部と出力部に分かれる(Fig. 1)。Fig. 1の左図の回路の入力側と出力側を結ぶ赤、緑、青の線はキャパシタを介した接続であり、また回路に付けた①から⑥の番号は、右図の時間に対するノード電圧の変化を示すグラフの凡例の①から⑥にそれぞれ対応する。巣からの餌場の距離と餌量

を評価する回路とし、順に単電子振動子、単電子メモリで対応させる。入力側は、餌場の距離が近いほど、さらに餌場の餌量が多いほど素子が電子トンネルを起こしやすい仕組みとする。つまり、良い餌場ほど複数の電子トンネルが起こり強い入力となる。出力部は、餌場の良し悪しを判断するための複数の単電子メモリである。これらのメモリはそれぞれ良い餌場と判断するものから順にGroup 1,2,3と設定し、入力の強さに応じて電子トンネルが起こるように設定する。つまり、悪い餌場ではGroup 3のみトンネルし、良い餌場ではGroup 1から3までがトンネルする。このような動作により餌場の評価を行う回路を設計した。

今後は提案した評価回路と前回報告した餌場を発見する回路とを組み合わせた回路の検討を行い、餌場評価回路の可能性を示す。詳細は講演にて述べる。

#### 【謝辞】

本研究の一部は JSPS 科研費・新学術領域研究(25110015)及び基盤研究(C)(15K06011)の助成を受け実施された。

#### 【参考文献】

- [1] D. Karaboga, "An idea based on honey bee swarm for numerical optimization," Technical report, Erciyes University (October 2005).
- [2] 田鍋 他, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 21a-S323-1 (2016).
- [3] T. Oya et al., Int. Journ. of Unconventional Computing, 1, pp.177-194 (2005).

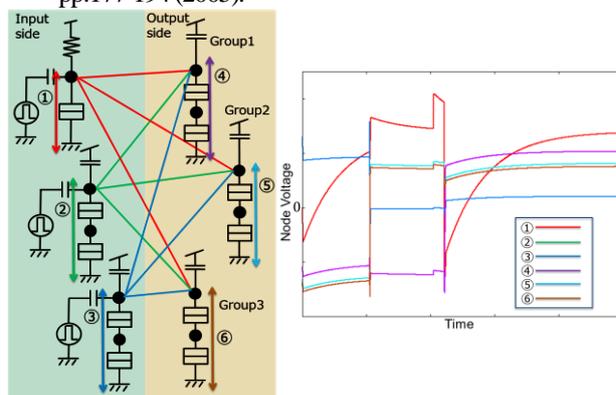


Fig. 1 Circuit structure and simulation result