

# 魚群の挙動をモデルとした単電子情報処理回路の設計

## Design of single-electron information-processing circuit modeled on behavior of fish shoals

横国大院理工 ○山下 秀人, 大矢剛嗣

Yokohama National Univ. ○Hideto Yamashita, Takahide Oya

Email: yamashita-hideto-wj@ynu.jp

### 【研究背景・目的】

近年、ナノテクノロジーの発展により様々なナノデバイスが開発されてきた。単電子回路は、電子一個単位で制御することができるナノデバイスである。特徴として、低消費電力、確率動作性、並列計算に優れることがあげられるが、最適な情報処理手法がまだ確立されていない。

一方で、自然界の物理現象や生物の挙動には情報処理を行っていると思なすことができるものが存在する。魚群の群行動もその一つの例である。魚は、「衝突回避」「整列」「結合」を含む Boid アルゴリズムによる相互作用の影響によって群れを成し、群れとしての行動が自律的に決まる<sup>[1]</sup>。

本研究では、単電子回路によって魚群の挙動を模倣し、単電子回路の特徴を活かした斬新な情報処理を行う回路の設計を目的とする。その結果、自動運転技術や、避難経路シミュレーションで用いられるマルチエージェントシステムに応用できると考えられる。

### 【研究内容】

以前、単電子回路を用いて「衝突回避」を表現できることを報告した<sup>[2]</sup>。今回は「結合」が表現できることを報告する。

主に、抵抗とトンネル接合と電源を直列接続した単電子振動子と呼ばれる単電子回路を用いる。Fig. 1 (a)において、 $V_{d1}$ の値を電子トンネルの閾値より小さく設定すると、外部からトリガ電圧の影響を受けた際に $V_n$ の値が閾値を超えて電子トンネルが発生する。ここで、 $V_{d2}$ の値を調整することでそれだけ $V_n$ の値を Fig.1 (b) のように変化させることができる。

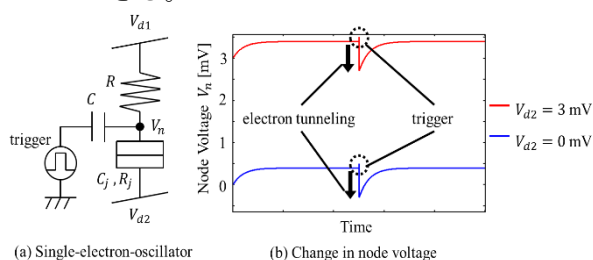


Fig. 1 Single-electron-oscillator and simulation results

電子トンネルは確率的な現象であり、 $V_{d1}$ が閾値に近い値であるほど電子トンネルの発生確率が上昇する。これを利用して、「結合」を表現する回路を設計した。「結合」とは、群れから各魚の個体が離れすぎないという規則である。Fig. 2 において、第1層は、単電子振動子を二次元的に接続している。単電子振動子で電子トンネルが発生すると、その電圧変化がトリガとなって隣接する単電子振動子で電子トンネルが発生し伝搬していく。第2層は $V_{d2}$ によって $V_n$ の大きさを調節した単電子振動子である。この $V_n$ の値を第3層の単電子振動子の二次元配列のバイアス電圧とすることによって、第1層で電子トンネルが発生した位置で、第3層でも電子トンネルが発生しやすくなる。第3層において、電子トンネルが発生した位置に魚が存在すると見立てると、電子トンネルの発生確率を調整することで魚の存在位置を調整して「結合」の表現に役立てる。詳細は講演にて述べる。

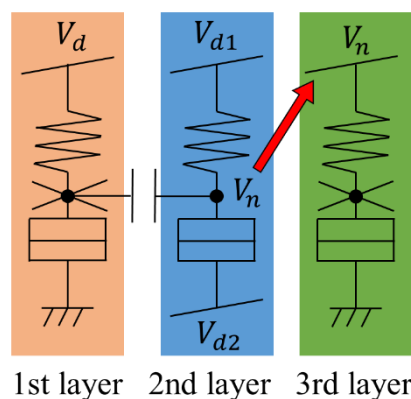


Fig. 2 Concept of proposed circuit

### 【参考文献】

- [1] C. Reynolds, Comput. Graph., 21, pp. 21-31, (1987).
- [2] 山下秀人, 他, 第 67 回応用物理学会春季学術講演会, 13a-PA4-2, (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。