

軍隊ガニの挙動に学ぶ単電子論理回路の設計

Design for single-electron logic circuit based on soldier crab ball gate

横国大院工 [○]浜名良樹, 今野和樹, 大矢剛嗣

Yokohama National Univ. [○]Yoshiki Hamana, Kazuki Konno, Takahide Oya

Email: hamana-yoshiki-nz@ynu.jp

【背景・目的】

近年の次世代情報処理のデバイスとして、単電子回路が注目されている。単電子回路とは、トンネル接合を用いて電子の量子的な挙動を利用することで電子を 1 個単位で制御できるデバイスである。そのため、超低消費電力化や高集積化が望まれる。しかし、単電子回路に適した計算手法についてはいまだに確立がされていない。そこで本研究では、軍隊ガニの群行動に着目した。軍隊ガニの群れどうしが衝突すると、群れが一体化する。また、それぞれの群れが持つ進行方向のベクトルの和の向きに進むという特徴がある^[1]。この挙動を論理演算とみなし、単電子回路上でこれを表現することで、新たな単電子情報処理の計算手法を設計することを目的としている。前回の報告^[2]では、二次元セルオートマトンの一種であるライフゲームモデルを用い単電子回路上に应用した。この方法では、クロックが必要となり回路が複雑になるといった問題点があった。

【シミュレーション方法・結果】

本研究では、軍隊ガニの挙動を表現するために Fig. 1(a),(b)のように単電子振動子を二次元に配列した回路を新たに用いる。この回路はクロックを必要とせず、回路構造を簡略化できる。単電子振動子とは、高抵抗とトンネル接合を直列に接続した素子である。プラスやマイナスはそれぞれ一つの単電子振動子を表し、バイアス電圧の正負を表す。バイアス電圧を閾値以下に設定したうえで、入力を与えると電子がトンネルする。Fig.1(c)のような既提案回路^[3]であると、一様に電子トンネルの波が広がってしまう。しかし、Fig. 1(a),(b)のように配列すると電子トンネルの波は広がらずに、1つの方向へと進んでいく。(a)の場合、波は縦方向または横方向に進んでいき、(b)の場合、斜め 45 度方向に進んでいく。これらの波を軍隊

ガニの挙動と見立てることで論理演算を行わせる。今回、Fig. 2(a)のようにこれらの配列を重ね合わせ、2層にする。1層目で2つの入力に加わると、2層目に出力される回路(AND)を設計し、動作シミュレーションを行った。その結果を Fig. 2(b)に示す。1層目が縦横方向に進む回路で、2層目が斜め方向に進む回路である。Fig. 2(b)より AND の動作を確認した。

今後の予定として、AND 以外の論理演算回路の設計に取り掛かる。詳細は講演にて報告する。

【参考文献】

- [1] Yukio-Pegio Gunji, et al., “Robust Soldier Crab Ball Gate,” *Complex Systems*, **20**, pp. 93-104, 2011.
- [2] 今野和樹 他, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, 17a-F11-2, 2014.
- [3] T. Oya, et al., “Reaction-diffusion systems consisting of single-electron oscillators,” *Int. Journ. of Unconventional Computing*, **1**, pp. 177-194, 2005.

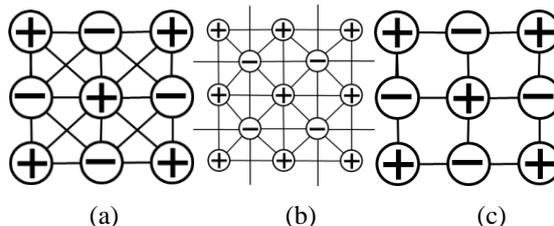


Fig. 1 Array of single electron oscillator

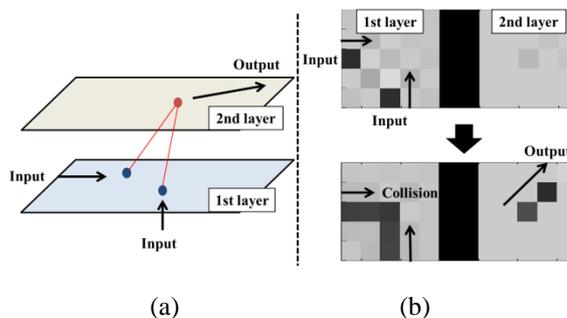


Fig. 2 Result of simulation