

無向グラフの一筆書き手順を導出可能な単電子情報処理回路の設計

Design of single-electron information-processing circuit for solving unicursal curves of undirected graph

○塚田 聖司、大矢 剛嗣 (横国大院理工)

○Seiji Tsukada, Takahide Oya (Yokohama National Univ.)

Email: tsukada-seiji-wm@ynu.jp

1. 研究背景・目的

近年、ナノデバイスについて様々な研究が進められており、そのうちのひとつとして単電子回路が注目されている。単電子回路とは、電子を一個単位で制御する回路であり、低消費電力や高集積性、並列計算に優れるなどの特徴を有する。しかし、未だに最適とされる情報処理の手法が確立されておらず、独自の動作を有効に応用した情報処理デバイスの実現が期待されている。

単電子回路を扱う上で最も大きな利点の一つとして、波の伝搬する様子を比較的簡単に表現できることが挙げられる^[1]。これは、単電子回路の素子同士を複数連結することで、電子トンネルの発生による電圧の変化を連鎖的に伝えることができることに起因する。これを応用したものとして、巡回セールスマン問題や最短経路問題など、グラフ理論に関する先行研究が複数存在する。そこで本研究ではグラフ理論の一種である一筆書きの定理^[2]に着目し、単電子回路上でその動作を表現することで新しい情報処理システムを実現することを目的とする。

2. 研究内容

本研究では、単電子回路に一筆書きアルゴリズムの実装をする回路の設計手法を提案する。一筆書きの定理は次の三つの段階によって構成される。まず一つ目はグラフの奇点の数を調べるという段階である。ここで、奇点とは辺の数が奇数の頂点を指す。次に、グラフに存在する閉路をすべて探索する段階。これは、一度使用した辺は使えないことと、奇点から奇点も閉路の一つとすることを条件とする。ここで、閉路とは始点と終点と同じ路のことを指す。最後に、探索された閉路がある法則に基づいて通り、実際に一筆書きをする段階である。ある法則とは、奇点が存在する場合には奇点から、存在しない場合には任意の点から一筆書きを始め、途中で別の閉路に当たった場合にはその閉路を完成させてから元の閉路に帰ってくるというものである。本研究ではこれらの段階をそれぞれ、奇点探

索フェーズ、閉路探索フェーズ、一筆書きフェーズと名付け、これらの段階を単電子回路により順番にクリアすることで一筆書きの定理を実現する。

前回の報告^[3]では、単電子振動子を改良した新たな素子を応用し、閉路探索を行う回路の設計について述べた(Fig. 1)。今回の報告では、閉路を基に一筆書きを行う回路設計について述べる。Fig.1 に示した回路では一度使用した辺を再使用できないという条件を満たすため、最終的に一筆書きを実行する回路として用いることができる。これにより、通常の電気回路では困難な挙動を単電子回路で実現することができたといえる。詳細は講演にて述べる。

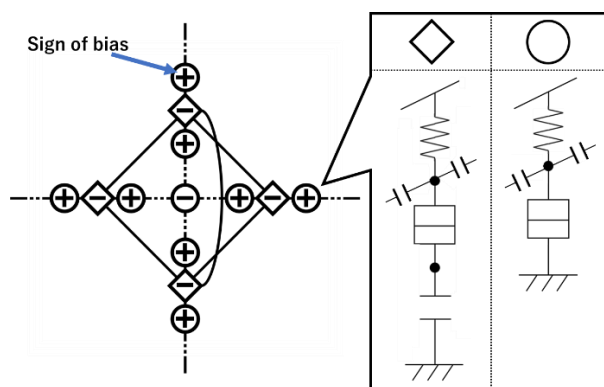


Fig. 1 Designed searching cycle phase circuit

【参考文献】

- [1] T. Oya, et al., Int'l J. Unconv. Comp. **1**, pp. 177-194, (2005).
- [2] N. ハーツフィールド・G.リンゲル, "グラフ理論入門," 鈴木晋一 訳, サイエンス社, pp. 53-61, (1992).
- [3] 塚田聖司, 大矢剛嗣, 第82 回応用物理学会秋季学術講演会, 13a-N403-1, (2021).

【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。