

単電子回路における非線形写像

Nonlinear mapping in single-electron oscillators
 北海道大学 工学部 高橋 良幸, 大矢 剛嗣, 浅井 哲也, 雨宮 好仁
 Department of Electrical Engineering, Hokkaido University
 Takahashi Y. (takaha@sapiens-ei.eng.hokudai.ac.jp), Oya T., Asai T. and Aramiya Y.

【はじめに】 単電子回路では、電子トンネルの発生により回路ノードの電位が不連続的に跳躍変化すること。そのため回路の中で「写像」に相当する動作を生じることがある。この性質を利用して新しい機能デバイスを作り出せるかもしれない。

【写像を生じる回路構成】 簡単な例として図1のような結合振動子を考える。二つの単電子振動子のノードを容量 kC で結合してある。二つの振動子のバイアス電流 (I_1 と I_2) は互いに反対の極性とする。一方の振動子でトンネルを誘発しノード電位が変化すると、それが容量結合を介して他方の振動子のトンネルを誘発する。そのため二つのノード電位 (V_1 と V_2) は互いに相関して変化する。相平面 V_1 - V_2 の上に描いたアトラクタの例を図2に示す。どのような初期値から出発しても、結合振動子の動作点は必ずこのアトラクタの例に落ち込む。

【回路の状態変化】 この結合振動子のアトラクタは、図3のように4本のトンネル臨界線に囲まれた安定領域内にある。いま例として結合振動子の動作点をAにおくと、バイアス電流により動作点が移動してトンネル臨界線上の点Bに達する。そこで一方の振動子にトンネルを生じて動作点がCに跳躍し、さらに別のトンネルで動作点が安定領域内の点Dに達する。そのあとバイアス電流により動作点が移動してトンネル臨界線上の点Eに達する。そこでまたトンネルが発生して同様の動作が繰り返される。なおトンネル待ち時間は十分に短いと仮定した。

【写像の動作】 上記の動作を言い換えると、結合振動子はP-Q線分上の点Bを同じ線分上の別の点Eに写像している。すなわち点Bの V_1 座標 x_n を点Eの座標 x_{n+1} に写像する。そのリターンマップの例を図4に示す。横軸上のBとEは図3に示すP-Q線分上のB点とE点に対応する。

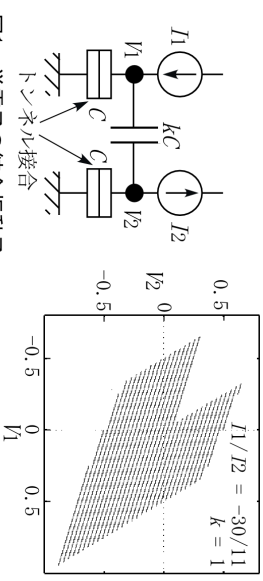


図1 単電子の結合振動子

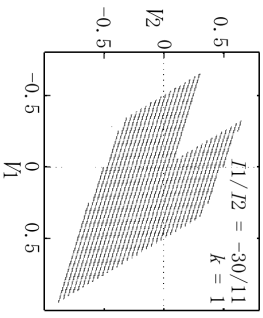


図2 結合振動のアトラクタ (V_1 と V_2 はeVで規格化)

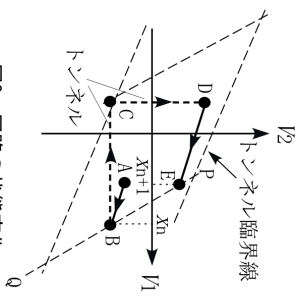


図3 回路の状態変化

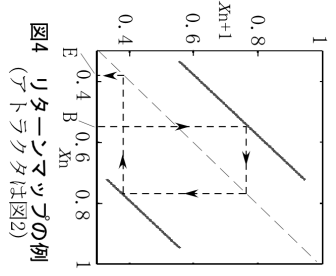


図4 リターンマップの例 (アトラクタは図2)