

## 単電子デバイスによる乱流解析

### Design of new single-electron device for turbulence simulation

横国大理工 °角野 友裕, 大矢 剛嗣

Yokohama National Univ. , °Tomohiro Sumino, Takahide Oya

Email: sumino-tomohiro-tk@ynu.jp

#### 【研究背景・目的】

ナノテクノロジーの発展に伴い、量子効果を利用した様々な種類のナノデバイスが開発された。これらの量子効果デバイスの1つで、独自の動作が特徴的な単電子デバイスに着目する。

単電子デバイスはトンネル接合を主体として構成される量子効果デバイスである。このデバイスは、電子トンネルによって電子を1個単位で制御することができる。このデバイスの主な特徴として、高い集積度、低消費電力、並列処理などが挙げられる。

しかし、単電子デバイスにとって最適な情報処理手法はまだ確立されていない。本研究では、先行研究である波の伝搬によってパターンを生成する単電子デバイス<sup>[1]</sup>に着目し、回路によって流体モデルを表現することを考える。また、これを可能にすることで、乱流のシミュレーション・解析に応用できる情報処理デバイスの実現を目的とする。

#### 【研究内容】

等質・非圧縮性流体の運動は以下(1)のNavier-Stokes 方程式によって記述される<sup>[2]</sup>。

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} = -\frac{1}{\rho} \text{grad } p + \nu \nabla^2 \mathbf{v} + \mathbf{g} \quad (1)$$

この式において流体の運動を特徴づける主な要素は、右辺第2項(粘性項)と左辺第2項(移流項)である。移流項に対して粘性項の影響が支配的な流体は層流となり、反対に粘性項に対して移流項の影響が支配的な流体は乱流となる。これらの移流項・粘性項比(レイノルズ数)による作用を単電子デバイス上に対応付けることを考える。

単電子振動子をバイアス電圧が正負交互になるように二次元に配列し、ノード同士を容量  $C$  で結合した回路を構成する。この回路上での電位変化の波の伝搬によって、流体中の媒質の移動を表現する<sup>[1]</sup>。

この回路において、電位変化の伝搬速度は隣接する振動子で平滑化される。この平滑化作用は、流体での粘性力による拡散作用と対応すると考えられる。今回レイノルズ数の大きい流れを表現するために、Fig. 1 の回路を設計し、動作確認を行った。この回路は  $C$  に対して小さい値をもつ容量  $C_s$  を加えることで、平滑化作用を抑制する。

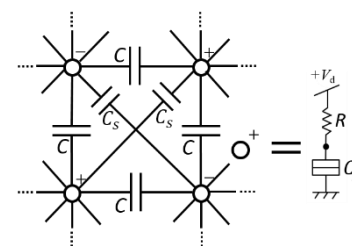


Fig. 1 Designed circuit for suppressing viscosity  
シミュレーション結果を Fig. 2 に示す。この結果の詳細については講演にて述べる。

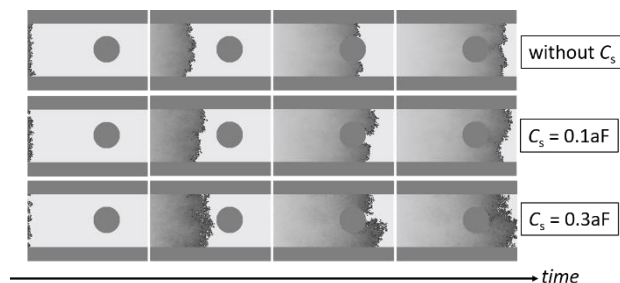


Fig. 2 Simulation of designed circuit

#### 【参考文献】

- [1] T. Oya, T. Asai, T. Fukui, and Y. Amemiya, "Reaction-diffusion systems consisting of single-electron circuits," *International Journal of Unconventional Computing*, vol. 1, no. 2, pp. 177-194 (2005).
- [2] 後藤 俊幸「乱流理論の基礎知識：1. 乱流場の数学的記述」『日本流体力学会誌「ながれ」』, 14 巻 4 号, pp. 316-323, (1995).

#### 【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。