

19aPS-84 イオンチャネルと異常拡散 Ion channels and anomalous diffusion

宮崎修次, 宇都宮将人, 中根直哉^A S. Miyazaki, M. Utsunomiya and N. Nakane^A

京都大学情報学研究科

Graduate School of Informatics, Kyoto Univ.

京都大学工学部^A

Department of Engineering, Kyoto Univ.^A

容器に粉体を入れ, 適当な高さの仕切りを入れて二分し, 鉛直方向に加振すると, 加振振動数などの制御変数をうまく調整することで, 片方の部屋に粉体が偏る凝集現象が生じ, 粉体のマクスウェルの悪魔と呼ばれることがある [1]. 容器全体を少し傾けて同様の加振を行うと, 水平方向に一樣な流れが生じ, あたかも仕切りのところで, 「悪魔」が粉体を一方向に動かす状況が生じる. 容器の両室の非対称性を表すパラメータ (例えば, 傾けた角度) を磁性体の外部磁場になぞらえると, 相転移や臨界現象が生じ, 臨界指数, 指数関係式, スケーリング関数を導出することができる [2]. 文献 [1] においては, 片方の部屋の数密度 n についての時間発展方程式 $\dot{n} = -nF(n) + (1-n)F(1-n)$ の導出がなされた. 右辺第一項は粉体の数密度 n の部屋から隣の容器への流出, 第二項は逆向きの流入を表す. 隣の容器の数密度は $1-n$ である. 第一項のみを考慮し, $F(n)$ を定数とおくと, 部屋から一樣な割合で粉体が逃げ, 残った粉体の個数が指数関数的に減少する様を表している. ロジスティック写像 $x_{t+1} = ax_t(1-x_t)$ で a を 4 よりわずかに大きくとったときに, 区間 $[0, 1]$ に一樣にとった初期点がこの区間に残る割合の時間発展も同様である. また, この区間に滞在する時間の分布関数も指数関数として与えられ, $F(n)$ (この場合は定数) と一定の関係がある. この滞在時間の分布関数がべき分布の部分を持ち, 長時間の滞在を許せば, すべての初期点が逃げ出すという緩和に遅い異常拡散のような異常な輸送現象が生じることが予想できる. Hodgkin らが提唱したイオンチャネルの粉体モデル [3] は 2 つの部屋を細長い通路でつないだ構造をしている. 全体を通路の方向と垂直な水平方向に加振すると, その中の粒子は Ussing が提唱した受動輸送に関する方程式に基づいて 2 つの部屋を行き来するのではなく, それからは大きくずれた異常な輸送現象が発生した. このような異常輸送を一系列縦隊拡散を用いて解析した研究 [4] もあるが, イオンを部屋に閉じ込めるポテンシャルとイオン間相互作用を平均化したポテンシャルを一括したならされたポテンシャルの中の一つのイオンの運動に周期外力が加わったものとみなすと, 完全カオス同期の破れに伴う間欠性 (オンオフ間欠性) による異常な輸送現象が生じる. この描像に基づいたイオンチャネルでの異常な輸送現象に関する解析結果を報告する.

参考文献 [1] J. Eggers, Phys.Rev.Lett., **83**, pp.5322-5325, (1999).

[2] 野中・宮崎, 日本物理学会 第 75 回年次大会講演概要集, 19aPS-71, (2020).

[3] A. L. Hodgkin and R. D. Keynes, J. Physiol. **128**, pp.61-88, (1955).

[4] T. Ooshida *et al.*, Biophys.Rev.Lett., **11**, pp.9-38, (2016).