

BZ 反応系ラセン波中心のダイナミクス

木口哲也*、宮崎淳、木下修一
大阪大学大学院 生命機能研究科
E-mail*: kiguchi@fbs.osaka-u.ac.jp

Trajectory dynamics of spiral tip in photo-sensitive Belousov-Zhabotinsky reaction

Tetsuya Kiguchi, Jun Miyazaki, Shuichi Kinoshita
Graduate School of Frontier Biosciences, Osaka University
Suita 565-0871, Osaka, Japan

Abstract: We investigate spiral pattern dynamics using Continuously Fed Unstirred Reactor (CFUR) in light-sensitive Belousov-Zhabotinsky (BZ) reaction. It is demonstrated that pairs of spiral tips can be purposely produced by means of light illumination. It is also found that the illumination near the spiral tip affects its trajectory, implying existence of interaction between the light and spiral patterns.

Keywords: light-sensitive BZ reaction, CFUR, spiral tip, interaction, illumination

1. はじめに

金属触媒として $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ を用いた光感受性 Belousov-Zhabotinsky (BZ) 反応は非平衡物理学研究のなかでもよく知られた実験系の一つであり、光を照射することで反応媒質上を伝播する化学波を抑制することが可能である。この反応を Continuously Fed Unstirred Reactor (CFUR) を用いて観測することで長時間安定なラセン波パターンを生成し観測することができる。ラセン波は心筋表面の活動電位としても観測されることがあり、不整脈の原因になることが報告されている [1]。それゆえに、光感受性 BZ 反応を用いた CFUR システムはラセン波のダイナミクスを探るためのよいモデル実験系とみなすことができる。

BZ 反応でのラセン波は以前から広く研究がなされており、その特徴についても様々報告がされている。例えば、ラセン波の中心に光の強度に勾配をもたせた空間パターンを照射するとその中心が光の強度の強い方向へ移動することが報告されている [2]。しかしそのような特徴がなぜ現れてくるのかというメカニズムまでは理解されていないことが多い。

そこで、ラセン波のダイナミクスをより定量的に観察するために図 1 のような Continuously Fed Unstirred Reactor (CFUR) を構築した。今回はこの実験系を用いて観察されたラセン波の振る舞いについて報告する。

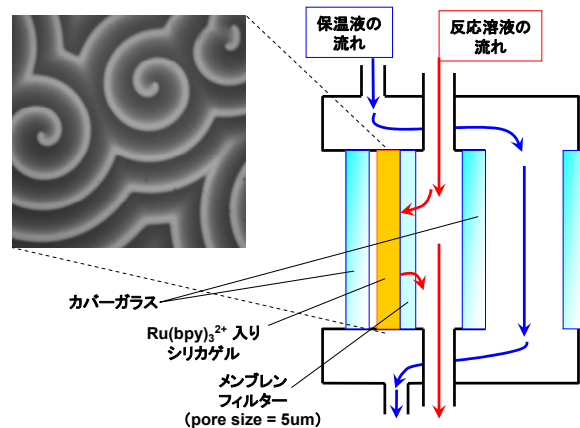


図1: 今回作製・使用したCFURの構造

2. 方法

図1で示したCFURでの反応を観測するために、 $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ を捕捉させたシリカゲルを用いた[3]。ゲルの直径は22.3mm、厚さは約0.5mm、ゲル内の $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ 濃度は分光光度計の測定により2.4mMであった。また、その他の反応試薬である1.2M H_2SO_4 水溶液、800mM NaBrO_3 水溶液、300mM $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$ 水溶液、蒸留水を体積比1:1:1:1の割合で混合し攪拌槽で事前に攪拌を行った後、CFURにポンプを用いて4.02ml/hの速度で送液を行った(CFURの容量は2.25ml)。

3. 結果・考察

BZ反応媒質上にはゲルの端から生じた化学波が存在する。反応媒質は光に対する感受性を持っているので、伝播している波を光照射により切断することで波の端点を形成することができる。その端点の自発的な回転によりBZ反応媒質上にラセン波のペアが発生する。この方法により得られたラセン中心を観測した結果、以下の様子を確認した。

図2a)のようにラセン中心ペアの挙動をプロットしていくと、その軌道が花型であることが観測できた。さらにこの後のラセン中心ペアの軌道を追跡していったところ、一方の中心は初期位置付近で花型の軌道を描いているが、他方はその場所から次第に遠ざかる様子を観察できた(図2b)。

また光照射によりラセン中心の軌道が変化することが考えられたために、花型の軌道を描いて運動しているラセン中心の近くに光照射を行った。その結果、光照射の影響によりラセン中心が光照射領域と未照射領域との境界へ引き寄せられるという振る舞いを観測した(図3)。

以上のようにラセン中心は、他のラセン中心や光照射領域といった周囲の状況の影響を受けやすく、それにより描く軌道が変化することがわかった。今後は以上の影響についてより定量的な実験・解析を行うとともに、光照射効果を導入したmodified Comp lete Oregonatorモデル[4]を用いたシミュレーションを行うことで理論的な方面からのアプローチも行っていく予定である。

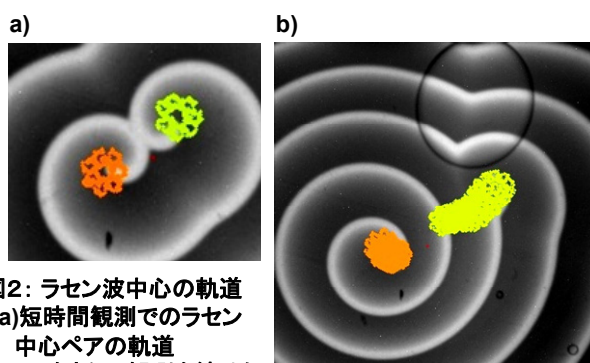


図2: ラセン波中心の軌道
a)短時間観測でのラセン中心ペアの軌道
b) a)をさらに観測を続けた後のラセン中心ペアの軌道

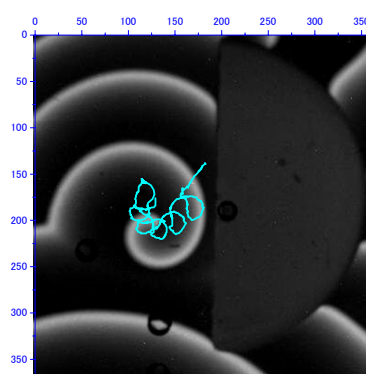


図3: ラセン中心近傍に照射した光領域による軌道の変化(bar = 1mm)

参考文献

- [1] V. N. Biktashev, et al, *Chaos, Solitons, Fractals*, Vol 5, 572-622(1995)
- [2] M. Markus, et al, *SCIENCE*, Vol 257, 225-227(1992)
- [3] H. Brandtstadter, et al, *Chem. Phys. Lett*, Vol 323, 145-154(2000)
- [4] H. J. Krug, et al, *J. Phys. Chem*, Vol 94, 4862-4866(1990)