

興奮場上での情報処理：方位・距離検出回路

京都大学 VBL & 京都大学大学院理学研究科 一野 天利¹

1 背景

興奮特性は、生物に広く見られる現象であり、例えば心筋細胞や神経軸索などで見られる。神経軸索上を伝播する興奮波を記述する方程式は反応拡散方程式に縮約される。本研究では、反応拡散系の実験系として良く知られている化学振動反応である Belousov- Zhabotinsky (BZ) 反応を用いて、興奮場の形状を任意に作り、その場での興奮波の振る舞いを調べた。これまでに興奮場の形状により興奮波の一方向伝播、つまりダイオード特性が得られること [1]、さらには基本的に論理演算素子や時間情報を含む演算 [2, 3]、興奮波の波源の方位を検出する回路 [4] などが作製可能であるなど、興奮場上での演算について、理論・実験両面から研究を進めてきている。

本発表では、方位検出回路を基に、波源の方位のみならず、その距離も検出する回路に拡張する。方位検出回路では、興奮波の入力部を二つ持ち、その入力的时间差から方位を検出する。この場合、幾何学的考察を行うことにより、常に同じ時間差となる波源の位置の軌跡を描くことができる。(図 1 (a, b) 参照) このような方位検出回路を二つ組み合わせることにより、二つの軌跡が描かれ、その交点より、波源の位置がわかる。(図 1 (c) 参照)

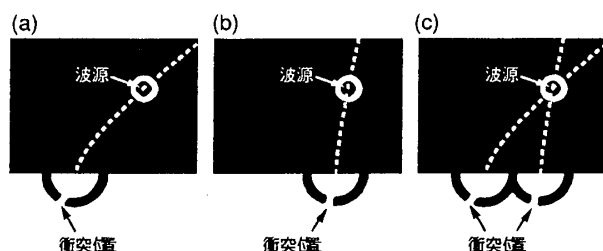


図 1: 方位距離検出回路の概念図。半円部での衝突位置により入力的时间差を検出する。(a), (b) 方位検出回路部が一つの場合。(c) 方位検出回路を二つ並べた場合。点線は、同じ時間差（衝突位置）となる波源の軌跡。

¹E-mail: ichino@chem.scphys.kyoto-u.ac.jp

2 実験

BZ 反応では金属触媒としてルテニウム錯体を用いることにより、光に対する感受性を持たせることができる。光感受性を持つ BZ 反応では、光を照射することにより、反応の阻害物質である Br^- を生成するので反応を抑制することができる。そのため、光を照射する部分と遮蔽する部分を作ることで、任意の形状の興奮場を作成可能となる。図 2 に示す興奮場の形状を設定すると、方位距離検出回路を作製できる。

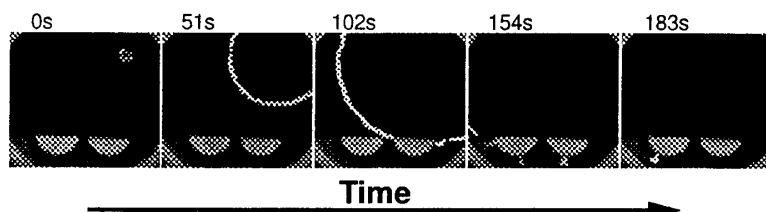


図 2: 光照射下における光感受性 BZ 反応による方位距離検出回路の実験結果。白い部分の光強度は、 $3.68 \times 10^4 \text{ lx}$ である。右上にある波源から伝播してきた興奮波は、まず右側の検出部に入り、次に左側の検出部へ入る。衝突位置から入力的时间差が検出でき、同じ時間差となる波源の位置の軌跡を求めることができる。

3 コンピュータ・シミュレーション

実験と光感受性 BZ 反応にあわせて修正された 3 変数オレゴネーターに拡散項を付け加えた反応拡散方程式を用いたコンピュータ・シミュレーションを行い、実験を再現した。図 3 にその結果を示す。

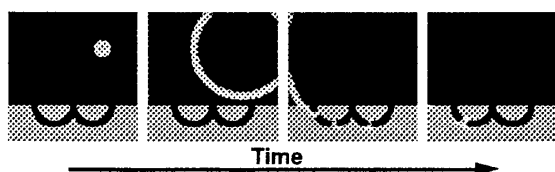


図 3: シミュレーション（3 変数オレゴネーター）による方位距離検出回路のスナップショット。

参考文献

- [1] K. Agladze, et al., J. Phys. Chem. **100**, 13895-13897 (1996).
- [2] I. Motoike and K. Yoshikawa, Phys. Rev. E **59** 5354-5360 (1999).
- [3] T. Ichino, et al., J. Chem. Phys. **118** 8185-8190 (2003).
- [4] H. Nagahara, et al., nlin.PS/0405063.