

興奮場形状による化学波伝播モードの分岐

京都大学大学院 理学研究科 北畑 裕之¹

化学反応や生命現象を記述する際、空間による濃度の違いを明に記述できるモデルとして反応拡散系がよく用いられてきた。反応拡散系の枠組みでは、自発的に動的/静的なパターンが生成することが広く知られており、これが生命現象におけるパターン形成やパルス伝播と関係することが研究されてきた。具体的には、熱帯魚の体表模様が Turing パターンで記述されること、神経細胞の電位パルス伝播が FitzHugh-Nagumo 方程式で記述されることなどが有名である。このような時空間パターン生成の過程では、境界の性質や、反応場の形状が重要になってくる。反応拡散系の実験系として有名な Belousov-Zhabotinsky (BZ) 反応と呼ばれる化学振動反応の系を用いると、ターゲットパターン (同心円状の化学波が広がっていくパターン) やスパイラルパターン (らせん状の化学波が回転するパターン) など、時空間構造の自発的生成が観察され、また、反応拡散系の理論的計算とよく一致することが知られている [1, 2]。今回、反応拡散系の実験モデルとして BZ 反応を用い、反応場の形状と反応性をうまくコントロールすることにより、化学波の伝播が止まるなどの興味深い結果が得られた。

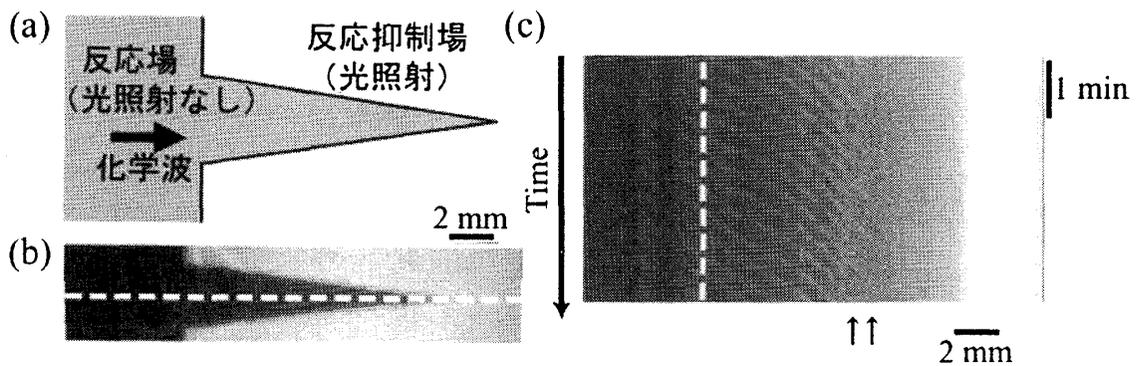


図 1: 三角形の形状の反応場での実験。(a) 実験の模式図。光を照射して作った反応場上で化学波を左から右へと伝播させその挙動を見る。(b) 化学波のスナップショット。(c) スナップショット (b) の点線部をつなぎ合わせて作った時空間プロット。化学波の伝播が止まる位置が一つおきに異なる (二つの↑で示す)。

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

ルテニウムを触媒として用いる BZ 反応では、光に対する感受性がある。すなわち、光が当たることにより反応の阻害物質が生成するために、化学波が伝播しなくなる。このような光感受性 BZ 反応の溶液を浸透させたメンブランフィルタ（目の細かなる紙）に光でパターンニングすることにより、図 1 のような三角形の反応場を形成した。すなわち、三角形の部分は光を照射していないために化学波が伝播でき、それ以外の部分では化学波は抑制される。光強度を調整することにより、反応性を変えることが可能である。光量が大きく、反応性を下げたとき、化学波は三角形の途中の決まった位置で消滅した。それよりも光量を下げ、反応性を上げた時、化学波が、一つおきに違う位置で消滅する現象が観察された（図 1 参照）。

また、この形状を組み組み合わせ、図 2 のようなくびれのある形状の反応場を作成し、光強度により、反応性を制御したところ、化学波が細い部分を、(a) すべて通過する、(b) 一本おきに通過する、(c) 全く通過しないといったさまざまなモードを発現することができた。

これらの現象は、光照射による反応阻害物質の生成と、その境界付近での拡散により説明できると思われる。すなわち、光強度により、反応阻害物質の生成率が異なり、その物質が光の当たっていない反応場へと拡散してくることによって、化学波の伝播に影響している。化学波の伝播が止まる位置が一つおきに異なるのは、化学波の伝播速度が遅くなったために、直前の化学波の影響を受けやすくなったためであると考えられる。今回の発表では、実験結果とともに、これらのメカニズムも交えて議論する予定である。

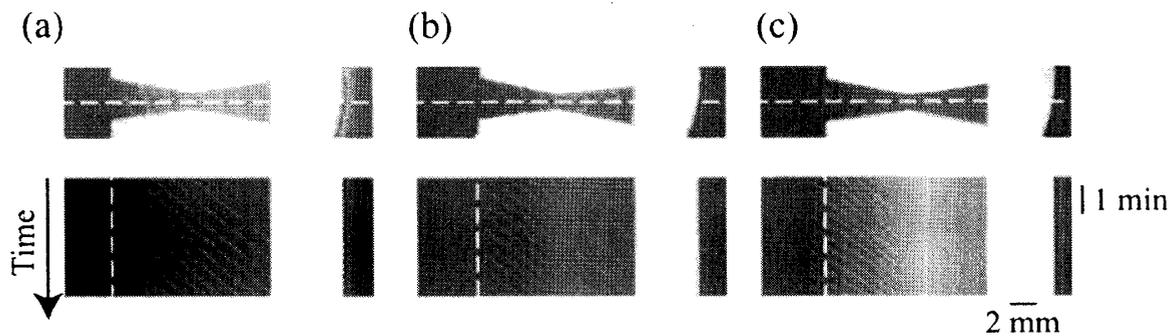


図 2: くびれのある形状の反応場に化学波を伝播させた時。それぞれスナップショット (上) と、スナップショット内の点線を時間的につなぎ合わせて作った時空間プロット (下) を示す。(a) 反応性が高い時。すべての化学波がくびれた部分を通り抜けて伝播していく。(b)(a) よりもやや反応性を下げた時。一つおきに化学波が消滅し、くびれを通った後、波長が 2 倍になる。(c) 反応性が低い時。すべての化学波はくびれを通る前に消滅する。

参考文献

- [1] H. Kitahata, R. Aihara, N. Magome, and K. Yoshikawa, *J. Chem. Phys.* **116** (2002), 5666.
- [2] 北畑 裕之, 吉川 研一, *応用物理* **71** (2002), 1126.