

## 波長の異なる信号の協調と競合

竹谷 廉太郎

Rentaro TAKETANI

電子情報学科 2018 年度卒業

### 1. はじめに

ジアリルエテンは Fig. 1 (a) に示す 2 つの異性体を持ち、紫色光を照射すると赤色の閉環状態に、緑色光を照射すると淡黄色の開環状態に変わるフォトクロミック反応を示す。この色変化は Fig. 1 (b) に示す吸収帯の変化に起因し、閉環状態への変化（紫光照射）で緑色の吸収が増し、開環状態への変化（緑光照射）で紫色の吸収が増す。したがって、紫色光と緑色光を信号として用いると、Fig. 1 (c) と 1 (d) に示すように、他の信号光を妨害して自らの信号強度を増す競合関係が見られる。しかし、Fig. 1 (b) のスペクトルが示すように、緑色帯の吸収変化は紫色帯よりも大きいので、競合する信号のバランスが取りにくいという問題がある。そこで本研究では、吸収が小さくなる黄色または青色の光を用いて競合関係を調べた。

### 2. 黄色光が他の光に与える影響

通常ガラス容器にフォトクロミック溶液を入れると、変色した分子が流動して光路外に出てしまい、光制御に寄与しなくなる。そこで、照射光や測定光が溶液全体にあたるように、Fig. 2 (a) のような液体コアファイバ型の試料セルを作製した。導波構造とするために、屈折率の低い (1.45) 石英ガラスキャピラリ (内径 1 mm, 長さ 50 mm) を用い、両端をガラス板と O リングでシールして液体を封入した。Fig. 2 (b) に示すように、空気や水が入っている状態では光が漏れてほとんど通らなかったが、屈折率 1.50 のトルエンを封入すると全反射が生じ、可視域全体にわたって光の透過が見られた。そして、このランプ光と同軸上で波長 405 nm の紫色半導体レーザー光 (20 mW) を入射させると、液体

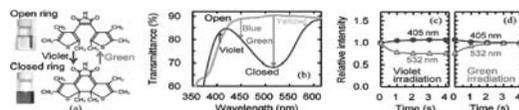


Fig. 1 (a) Structures and colors of diarylethene isomers. (b) Transmission spectra of the open- and closed-ring states. The sample is the toluene solution of diarylethene ( $10^{-2}$  mol/l, 20  $\mu$ m thickness). (c), (d) Temporal change of the light intensity (405 or 532 nm) during the violet or green laser irradiation process (1 mW/mm<sup>2</sup>).

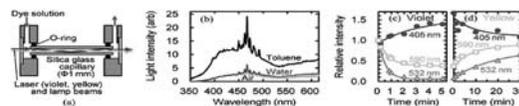


Fig. 2 (a) Sample cell with a waveguide structure (50 mm length). (b) Spectral intensity of a xenon lampbeam that passed through the capillary containing air, water, or toluene. (c), (d) Light intensity change during the transmission process of the violet (20 mW) or yellow (4 mW) laser beam (a toluene solution of  $10^{-3}$  mol/l).

コアが変色する過程の透過スペクトルを測定することができた。Fig. 2 (c) は、レーザー照射前（ほぼ開環状態）の強度を基準 (1.0) として、出力光の相対的な強度変化を示している。横軸は紫色レーザー照射し始めてからの時間であり、他の光を抑制して 405 nm 光が増大している。Fig. 2 (d) は、紫色レーザーに代えて 590 nm の黄色半導体レーザー光 (4 mW) を入射させたときの結果であり、405 nm 光が抑制される一方で、532 nm 光が 590 nm 光と協調的に増大している。前述のように緑色の変化は大きいですが、紫と黄色では同程度の変化が見られ、バランスのとれた競合関係となっている。

### 3. 青色と紫色のパルス信号光の相互作用

次に、制御光を波長 450 nm の青色半導体レーザー (4 mW) に変えて実験を行った。Fig. 2 (a) の長いキャピラリでは脱色に 30 分以上の時間を要したので、この実験では色素分子の拡散が少ない固体試料 (ジアリルエテン分散シリコーンゴム) を用いた。

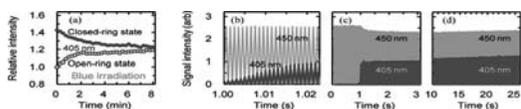
3) 青色レーザー照射中の 405 nm 光の透過強度変化

を Fig. 3 (a) に示す. 開環状態から出発したときは青色光照射によって紫色光の強度が増すという協調関係が見られたのに対し, 閉環状態から出発したときは紫色光の強度が低下するという競合関係が見られた. また, 通常は照射光の波長において透過率が增大するため, 光信号が自らの光路を拓いていく自己形成機能が生じるが, 4) 青色信号では逆に透過率が低下し, 自らの光路を消去する自己閉塞機能が見られた. 3) この現象は光信号間の相互抑制や増強に利用できると考え, 青色と紫色のレーザー光をチョッピングして, Fig. 3 (b) に示すようなパルス幅 500  $\mu$ s の信号を形成し実験を行った. 青色信号が透過している所へ紫色信号を重ねて入射させると (1.0 s), Fig. 3 (c) に示すように青色信号の強度が

低下した. しかし, 紫色信号の照射を続けて開環状態の色素分子が増大してくると, Fig. 3 (d) のように2つの信号がともに増大する傾向が見られた. Fig. 1 (b) に示したように, ジアリルエテンには 400 nm 付近と 500 nm 付近を中心とする2つの吸収帯が存在するが, 青色レーザーの波長 450 nm はそれらの中間に位置するため, 両方の吸収帯の影響を受けるとともに, それらの成長や収縮にも影響を与えると考えられ, このことが複雑な透過特性の原因と推定される.

#### 4. おわりに

今回の実験で初めて用いた黄色光では, 紫色光との間に競合関係, 緑色光との間に協調関係が見られた. また青色光では, 状況に応じて紫色光との間に競合関係も協調関係も起こりうる事が明らかになった. このように, フォトクロミック色素の吸収帯変化を利用すると, 強いレーザー光や高速の機器を必要とせず, パルスエネルギーの蓄積によって状態変化を引き起こし, 複数の光信号間の相互作用を誘起することが可能である. この光制御機能は, 信号伝達経路の自己形成やノード間の結合強度制御など, 生体を模したネットワークの形成に利用できるのではないかと期待される.



**Fig. 3** (a) Light intensity change at 405 nm during the blue light irradiation process (0.03 mW/mm<sup>2</sup>). The sample took the open- or closed-ring state at the start of the irradiation. (b) Pulse signals (blue or violet laser, 1 kHz) that emerged from the sample. The violet signal transmission started at 1.00 s. (c), (d) Temporal change of the signal intensity during the simultaneous transmission process of the blue and violet pulses.