



多辺 由佳

独立行政法人 産業技術総合研究所 ナノテクノロジー研究部門

プロフィール：福井県出身。1987年東京大学工学部物理工学科卒業。1989年同大学院工学系研究科物理工学専攻修士課程終了。同年工業技術院電子技術総合研究所研究員。1996年博士（工学）学位取得。1996年～1998年ハーバード大学博士研究員。2001年4月、官庁再編で産業技術総合研究所に所属変更、現在に至る。専門は液晶及び有機超薄膜の物性。

## 二次元液晶性水面上単分子膜の光誘起非平衡ダイナミクス

### 要旨

液晶ディスプレイは、薄くて軽く消費電力が少ないことなどから、コンピュータや携帯電話を始めとする様々な製品に広く用いられている。この液体と固体の中間状態である液晶は、すばやい外場応答と高い光学異方性という特徴を持ち、今後さらに発展が期待されるソフトマテリアルの一つである。

本研究の対象は、このような液晶の中でも、分子1層だけからなる厚さ2 nm程度の超薄膜が水面上に浮かんでいる二次元液晶性水面上単分子膜である。この液晶性単分子膜では、二次元がいわゆる臨界次元に近いことから、分子間のマイクロな相互作用が繰り返されてマクロな物性に統一される様子をあからさまに観察でき、また対称性を操作することで三次元では許されない様々なモードの出現が期待できる。

3年間の本さきがけ研究で追及してきたのは、構成分子が光感受性である液晶単分子膜に、きわめて微弱な励起光を照射した時に発生する配向波のメカニズム解明である。右図に示したアゾベンゼンという分子は、適当な波長の光をあてると、棒状のトランス状態から真中で折れ曲がったV字型のシス状態の間を行ったり来たりする、光異性化と呼ばれる反応を示す。このアゾベンゼン誘導体で構成された液晶性水面上単分子膜に、極めて弱い青色の直線偏光を照射すると、この分子異性化反応が引きがねとなる劇的な配向波の発生と伝搬が見られるのである。

この配向波の発生メカニズムは、系が気液界面という対称性の破れた二次元にあること、液晶という分子協調の強い場であることが本質である。バルクのアゾベンゼン液晶に光を照射しても、配向波などは起こらない。配向波は、物質そのものが動くのではなく、それぞれの分子がその重心位置を変えずに、一定周期の位相のそろった横方向振り子運動をし、その運動が伝搬していくというものである。発生する波の速度が、1) 照射する光のパワーに非線形に依存、2) 温度に線形依存、3) 分子密度には鈍感である、というような特徴が明らかになってきて、波はもともとこの二次元液晶に内在する配向揺らぎのあるモードが、光によって伝搬モードに発展したものではないかと考えられるようになってきた。また、一端が水面に固定されている両親油性分子ではなく、両末端が長鎖アルキルのアゾ誘導体（水面に束縛されない）を構成分子として用いると、その場合は単分子膜から多層膜、すなわち二次元から三次元への相転移が、配向波とともに光照射によって逐次的に引き起こされることをも最近見出した。この場合も、本来バルクで層状構造をとる液晶が内在的に持っている性質が、光によって顕わにされたものと考えられる。

二次元液晶で主役をつとめるメソスコピック領域の分子間相互作用は、大きな非線形性（物理的な増幅作用）と、空間・時間の階層にまたがる属性の質的転換が特徴的で、その多様性はたいへん興味深い。分子間相互作用のバランスが顕著に物性に現れる対象である液晶について、今後は定量的にも調べていきたいと考えている。

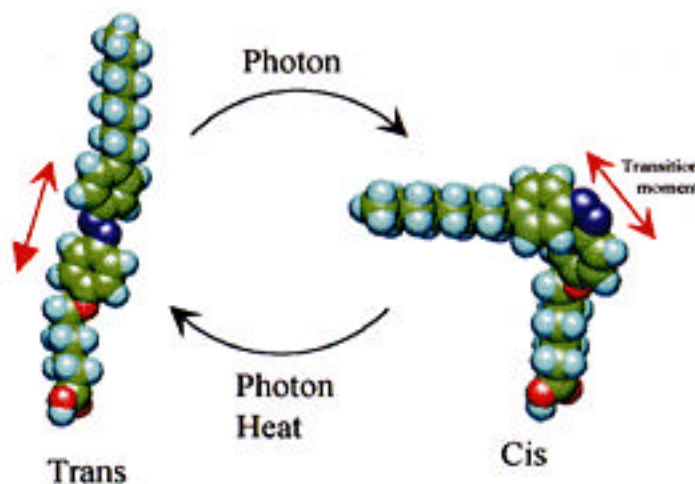


図1 アゾベンゼンの光異性化反応

### 研究成果

1. Y. Tabe, N. Shen, E. Mazur and H. Yokoyama, "Simultaneous observation of molecular tilt and azimuthal angle distributions in liquid-crystalline Langmuir monolayers", *Phys. Rev. Lett.*, **82**, 759 (1999).
2. Y. Tabe and H. Yokoyama, "In-plane polar structure in 2D liquid-crystalline monolayers probed by optical second harmonic generation spectroscopy", *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Thoma University International Conference on Statistical Physics*, 133 (2000).
3. Y. Tabe, I. Nishiyama and H. Yokoyama, "Langmuir monolayer studies of chiral smectic C phase", *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Display Workshop*, 1143 (2000).

4. Y. Tabe and H. Yokoyama, "Photoisomerization-induced orientational wave generation in two-dimensional liquid crystals at the air-water interface", *Mol. Cryst. and Liq. Cryst.*, **358**, 125 (2001).
5. Y. Tabe and H. Yokoyama, "Near-critical two-dimensional smectic-C to solid-like phase transition in azobenzene-derivative Langmuir monolayers", *J. Chem. Phys.*, **115**, 1041 (2001).