

液晶コロイドの構造・物性の光による制御

光照射で変化させる「凝集⇔分散」「透明⇔光散乱」

液晶とコロイドが融合した新しい材料「液晶コロイド」において、フォトクロミック分子を用いたコロイド超構造と物性の光制御を調べた。その結果、コロイド粒子の表面物性を光で変化させることによって凝集・分散を制御できることを発見し、コロイド超構造の光描画を達成した。また、液晶相構造を光変調することで材料の光学物性を制御できることもわかった。

In liquid-crystal colloids where colloidal spheres are dispersed in liquid crystals, we investigated photochemical manipulation of colloidal structures and optical properties. By modulating surface properties of colloidal spheres on the basis of photoisomerization of photochromic compounds, we achieved a control of aggregation and dispersion of the spheres. A variety of colloidal superstructures could be fabricated by illumination of appropriate patterned light onto the liquid-crystal colloids. In addition, we could manipulate light-scattering properties of the liquid-crystal colloids by photochemical modulation of phase structures of liquid crystals. It is strongly expected that the liquid-crystal colloids will be applied to practical devices in various industrial fields.

液晶コロイド

“液晶コロイド”とは、その名が示すとおり薄型ディスプレイなどの表示デバイスに広く用いられている“液晶”と、食品や医薬品などわれわれの生活のさまざまな場面で活躍している“コロイド”が融合した新しい材料である。液晶中に固体微粒子や液滴などのコロイド粒子を分散させると、コロイド粒子は液晶の配向の影響を受けている。現在のところ液晶コロイドの研究は、コロイド超構造と物性の観察・測定や理論的考察・シミュレーションなどの基礎研究が中心であり、液晶とコロイドの両方の特性を併せ持つ液晶コロイドのポテンシャルを最大限に引

き出して産業分野へ応用する研究はほとんど報告されていない。そこで実用化への第一歩となるコロイド超構造や物性の外場による制御について、光によって分子の形状や物性が変化するフォトクロミック分子を用いた光制御の研究をおこなった。

コロイド粒子の凝集状態を光で制御して超構造を描画する

液晶コロイドでは、コロイド粒子の表面は液晶と相互作用している。そのためコロイド粒子表面の物性を変化させれば、コロイド超構造や物性の制御も可能になることが期待できる。そこで私たちは、コロイド粒子としてゲリセロール液滴を分散させた液晶コロイドで、液滴表面の物性を光によって

山本 貴広 やまもと たかひろ
takahiro.yamamoto@aist.go.jp
ナノテクノロジー研究部門
ソフトナノシステムグループ

2000年東京工業大学大学院総合理工学研究科（資源化学研究所）博士課程修了。（独）科学技術振興機構 ERATO 横山液晶微界面プロジェクト研究員を経て、2004年（独）産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門入所。液晶という自己組織性分子集合体を基盤として、高分子やコロイドを組み合わせた高機能性材料の創製とその構造・物性のフォトクロミック化合物を用いた光制御に関する研究に従事している。現在はディスプレイを超える液晶の産業応用を目指して液晶コロイドを中心に研究を進めている。

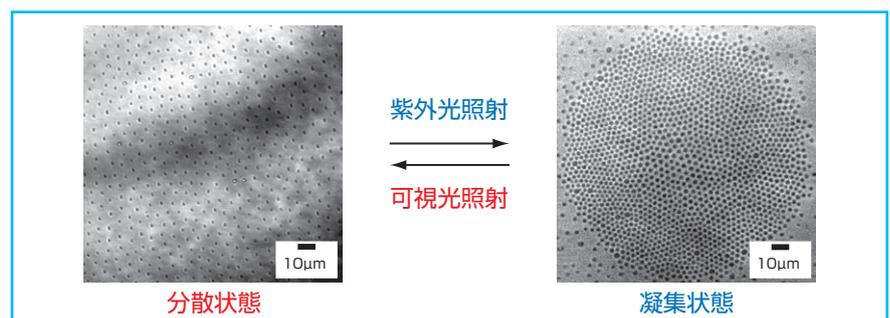
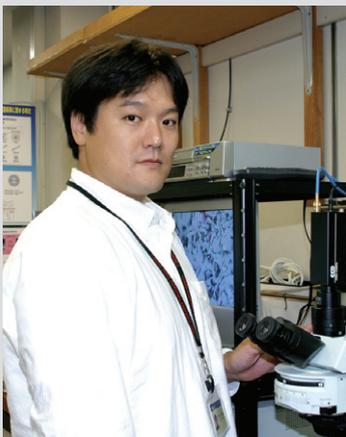


図1 光によるコロイド粒子の「凝集⇔分散」変化

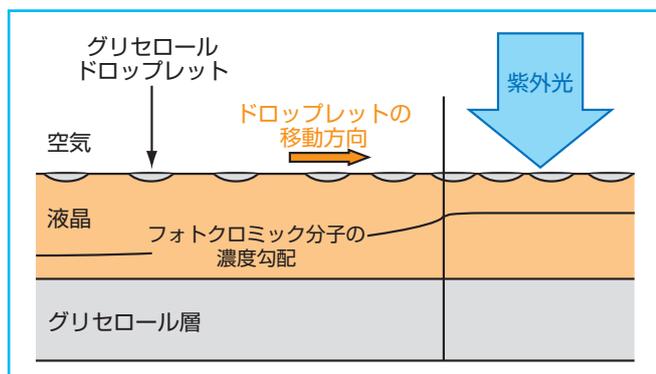


図2 光凝集のメカニズム

変化させて液滴の凝集状態の制御を試みた。液晶に混合したフォトクロミック分子を変化させる紫外光と可視光を照射すると、グリセロールの液滴が凝集・分散することを発見した(図1)。これは光を照射することによってフォトクロミック分子の濃度に勾配ができて液滴の表面張力が非対称に変化した結果、液滴がその非対称性を解消しようと移動することによって起こる現象である(図2)。この現象を利用して、パターン光の照射によるコロイド超構造の光描画を試みた(図3)。紫外光の照射によってさまざまなコロイド超構造を構築することが可能であり、また可視光の照射によって超構造を消去することもできた。光を用いると、非接触で微細なパターンも容易に作るできるので、今後ナノサイズのコロイド粒子を用いることによって、ナノテクノロジーやナノフォトニクスにおける新しい機能性材料としての展開が期待できる。

光散乱型ディスプレイへの応用

低消費電力で動作する液晶ディスプレイは、近年の省エネルギー・省資源の観点からもその需要がますます拡大している。しかし、通常の液晶ディスプレイは文字や画像の表示に偏光板という光学素子を使用するため光の利用効率は高くない。この問題を解決する

材料として、これまでに高分子分散型液晶が提案されている。

この材料は、光散乱と透明の二つの状態を利用して表示を行うので偏光板を必要としない。そのため光利用率の向上や低消費電力化が期待できるが、材料調製やデバイス作製に難しさがあり実用化は進んでいない。これに比べて、液晶コロイドは、コロイド粒子を液晶に分散させるという極めて簡便な方法で光散乱状態を実現することができる。光散乱状態の液晶コロイドは、フォトクロミック分子の光反応を用いて材料を等方相に変化させると透明状態となり、照射する光の波長を変えて材料を液晶相にすると再び光散乱状態に戻った(図4)。実用化には光散

乱状態における光の透過率の改善が必要であるが、ディスプレイだけでなく光シャッターや光メモリなどへの応用も可能な光学材料として期待できるものである。

今後の展開

液晶コロイドに生じるコロイド超構造や、材料物性を光で制御する基本的な手法は徐々にではあるが構築できつつあると自負している。今後は、より精緻な構造制御や性能の向上を目指して、材料化学の立場から検討を進め、さまざまな分野の方々と連携して具体的なデバイスを提案していきたいと考えている。

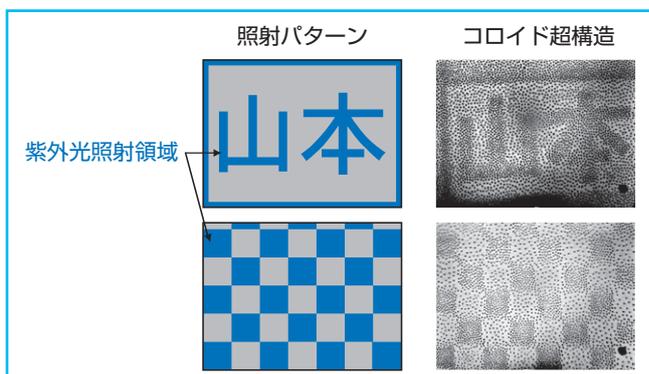


図3 コロイド超構造の光描画

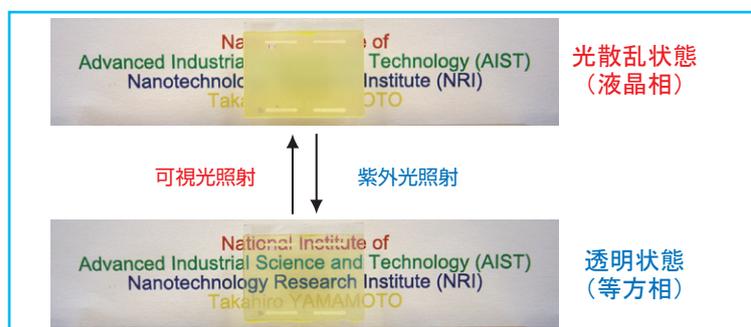


図4 光による液晶コロイドの「透明⇄光散乱」変化

関連情報:

- T. Yamamoto, J. Yamamoto, B. I. Lev, H. Yokoyama: Appl. Phys. Lett. 81 (2002) 2187.
- 山本貴広, 多辺由佳, 横山 浩: 新規クロミック材料の設計・機能・応用 (CMC 出版), 第12章 (2005) 149.
- 化学工業日報 (2005年8月15日) .