

生物に倣い角度依存性のないキラル円偏光構造色を示す 球状コレステリック液晶粒子を開発 ～偽造防止用 QR コードにも利用可能～

【本研究のポイント】

- ・角度依存性のないキラル円偏光構造色^{注1)}を示す球状コレステリック液晶^{注2)}粒子の開発
- ・偽造防止用 QR コードにも利用可能な顔料に

【研究概要】

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院工学研究科の何 佳磊(ヒ ジャレイ)博士後期課程学生、竹岡 敬和 准教授らの研究グループは、生物も利用するコレステリック液晶(Cholesteric liquid crystal: CLC)を、マイクロメートルサイズで粒径の揃った球状の粒子に加工する方法を開発しました。球状に加工することで、コレステリック液晶から生じる円偏光性の構造色の角度依存性が軽減されます。球状 CLC は、サイズを変えることで液晶のピッチが変化するため、そのサイズに応じて発色する色が変わります。球状 CLC 粒子の円偏光性構造色と市販の顔料を組み合わせることで、特定の円偏光板の下でしか表示できない偽造防止用 QR コードとなります。

本研究成果は、2023 年 7 月 9 日付、Wiley から出版される「Advanced Optical Materials」に掲載されました。

【研究背景と内容】

鮮やかな色を示す昆虫の羽などには、ユニークなキラル円偏光構造色を発するコレステリック液晶(CLC)が利用されています。CLC は、様々な色を発色させることができるため、電子ペーパーなどのディスプレイ用の材料として注目を集めています。しかし、従来の人工の CLC 材料が発する色は、見る方向によって反射する光の波長が異なるために、色が変わってしまいます。一方、CLC を幾何学的に等方性の球状の粒子にすると、発色する色の角度依存性を軽減できることから、最近、球状 CLC 粒子が注目されています。これまでは、マイクロ流路^{注3)}を用いた方法によって、粒径 100 マイクロメートルのサイズで粒径の揃った球状 CLC 粒子の作成は可能になっていましたが、球状 CLC 粒子を印刷用の顔料などに用いる場合には、そのサイズをもっと小さくする必要があります。しかし、印刷に適切なサイズの数マイクロメートルで制御された色を示す CLC 粒子は、これまでの方法では得られませんでした。

本研究では、適切な混合溶媒を利用した分散重合^{注4)}により、従来のインクジェット用顔料と同じくらいのサイズで、数マイクロメートルで粒径の揃った球状 CLC 粒子が調製できる方法を開発しました。このくらいのサイズの球状 CLC 粒子は、粒子の曲率によってコレステリック液晶のピッチが変化するため、球状 CLC 粒子を単分散球にすることで、粒子サイズに応じて様々な色を発色させることに成功しました。また、球状 CLC 粒子をポリジメチルシロキサン(PDMS)^{注5)}で覆うことにより、球状 CLC 粒子の発色性と熱安定性を向上させられることも分かりました。さらに、偽造防止用 QR コードの作成に、球状 CLC 粒子が示す円偏光性の構造色が利用できることを明らかにしました。球状 CLC 粒子の円偏光性構造色と市販の顔料を組み合わせることで、特定の円偏光板の下でしか表示できない偽造防止用 QR コードとなります(図1)。本研究で得られた球状 CLC 粒子開発により、従来の色材とは異なる構造色の機能が低コストで新しい可能性を与えるだろうと考えます。

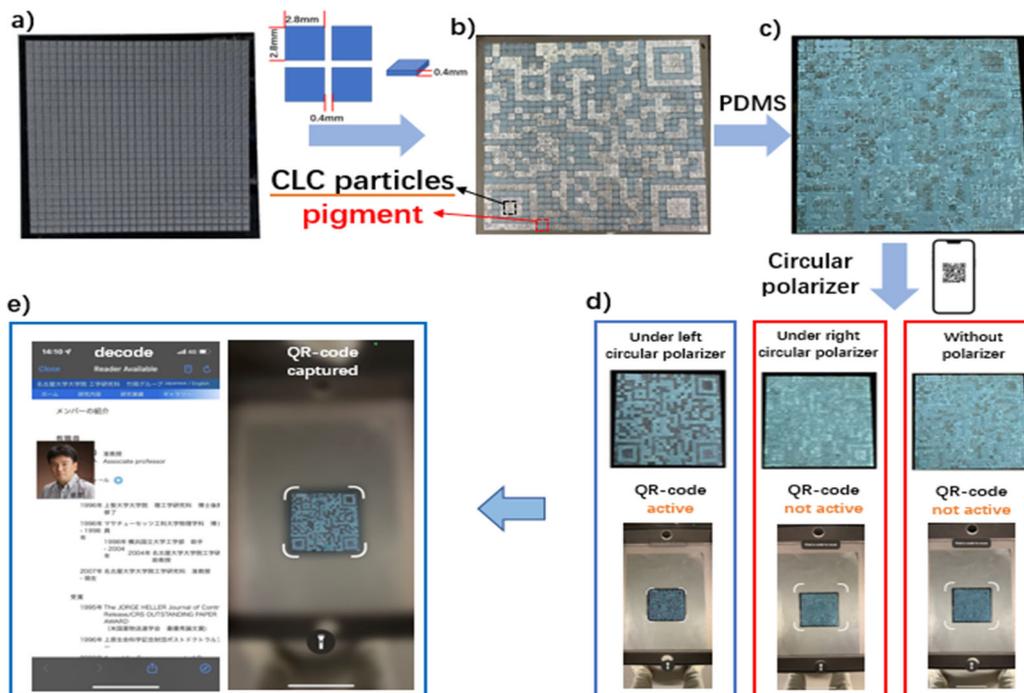


図1. a) 29×29 画素のレーザー彫刻が施された黒色アクリル板。各ピクセルは幅 2.8 mm、奥行き 0.4 mm。b) a)を用いてコード化されたアクリル板。白い部分には CLC 粒子、青い部分には市販の顔料を含む。c) b)を PDMS で覆われたコード化アクリル板。d) 円偏光板なし、右回転円偏光板あり、左回転円偏光板ありの場合の c)のコード化アクリル板を撮影した写真。円偏光板なしの通常光と右円偏光では QR コードが隠れていてスマートフォンでは認識できず、左円偏光で QR コードを表示するとスマートフォンで素早く撮影・認識できた。e) 左円偏光下、スマートフォンで撮影・解読した偽造防止の QR コードから著者らのグループのホームページにリンクした。

【成果の意義】

本材料は、球状 CLC 粒子が示す角度依存性の少ない円偏光性構造色を利用した、偽造防止用などの特殊機能顔料としての利用が期待されます。

【用語説明】

注 1)キラル円偏光構造色:

光の進行に従い電場ベクトルが進行方向に垂直な面内で回転する状態を円偏光と言う。電場ベクトルが右回転する場合を右円偏光、左回転する場合を左円偏光と呼ぶ。このような偏光が、キラルな分子の集合体によって生じる。キラル分子が形成する集合体の構造によって、その際に観察される円偏光の波長が可視光領域にあれば、キラル円偏光構造色として観測される。

注 2)コレステリック液晶(CLC):

コレステリック液晶は、ネマチック液晶^{*}のように、一つの面内で分子は一定方向に配向しているが、隣接する面内では分子配向軸にねじれがある。その結果、全体としては面の垂直軸の周りに配向方向が螺旋構造をとる。螺旋のピッチが可視光の波長と同程度の場

合、コレステリック液晶の薄膜は可視光の特定の波長の光をブラッグ反射することで面偏光性の構造色を示す。コレステロールの誘導体がこのような液晶構造を取っていたことから、コレステリック構造と呼ばれる。

※ネマチック液晶:構成分子の配向構造を持つが、三次元的な位置秩序をもたない液晶

注 3)マイクロ流路:

ガラスや樹脂などの基盤に微細加工によってマイクロメートルサイズの流路を施したシステム。

注 4)分散重合:

溶媒に高分子を重合するためのモノマー、開始剤は溶けるが、反応によって得られる高分子は溶媒には溶けないため、分散剤を添加して行う重合方法。

注 5)ポリジメチルシロキサン(PDMS):

シリコーンの一種で、耐熱性、撥水性の高い高分子。

【論文情報】

雑誌名:Advanced Optical Materials

論文タイトル: Particle Size Controlled Chiral Structural Color of Monodisperse Cholesteric Liquid Crystals Particles

著者: Jialei He a,*, Sizhe Liu a, Guohao Gao a, Miki Sakai a, Mitsuo Hara a, Yuto Nakamura b, Hideo Kishida b, Takahiro Seki a, Yukikazu Takeokaa,*

a Department of Molecular & Macromolecular, Graduate School of Engineering, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan

b Department of Applied Physics, Graduate School of Engineering, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan

DOI: 10.1002/adom.202300296

URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adom.202300296>

*本学関係者