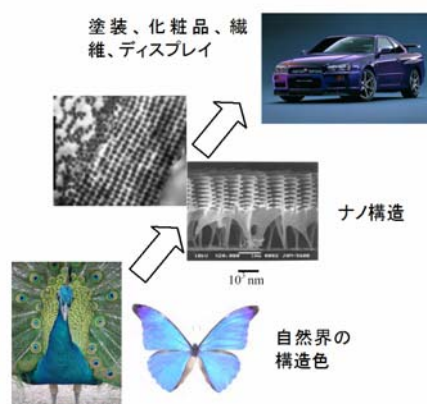


ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	3. 高分子の機能
中項目	3-1. 電子・光機能
小項目	3-1-5. 構造色の発現

概要（200字以内）

構造色は物質に光のエネルギーを与えることで着色する色素と異なり、純粋に光の物理作用だけで着色する色のことである。自然界では、クジャクやモルフォチョウなど多くの生物に見られており、薄膜干渉や多層膜干渉、フォトニック結晶などのさまざまな光学現象が関係している。近年、ナノテクノロジーの発展と共に、塗装、装飾、繊維、化粧品など多くの視覚に関連した産業で注目され、また、実際にさまざまな構造が造られるようになり、現在もっともめざましく発展しつつある分野の一つである。



現状と最前線

構造色の研究は、17世紀から18世紀にかけてのフックやニュートンによるクジャクの研究に遡る。その後、19世紀から20世紀にかけての電磁気学の発展から、構造色は、電磁波としての光の干渉現象として取り扱われるようになった。代表的な研究者であるレイリー卿は多層膜干渉を主な原因として提唱した。電子顕微鏡が発明されると、その微細な構造を直接観察することができるようになり、モルフォチョウ、クジャクをはじめとしてさまざまな生物・無生物の構造が明らかになった。その反面、理論の発展は多層膜干渉で止まっていた。1990年代に入るとナノテクノロジーの発展と共に、塗装・繊維・ディスプレイなど視覚に関連した産業界での研究が盛んになり、単なる干渉だけで構造色は語れないことが明らかになった。

自然界の構造色は、薄膜干渉、多層膜干渉、回折格子、フォトニック結晶、散乱などの光学現象が関係している。その構造の規則性に注目すると、一見フォトニクス技術と相通ずる研究とも考えられるが、その向かうべき道は大きく異なっている。フォトニクス技術が完全な規則性を基に進んでいるのに対して、構造色は積極的に不規則性を取り入れ、規則性と不規則性の調和に、その目指すべき道を求めているからである。構造の規則性は特定の色を強く反射し、不規則性はその反射光をいかに広い角度範囲に広げられるかという点に関係している。進化の過程で、規則性と不規則性の双方を最適化するさまざまな工夫の成果が、現在の構造色であるといえる。例えば、モルフォチョウは翅（はね）にある鱗粉上の筋に、棚構造と呼ばれる規則

構造をもっているが、隣り合う筋の間での干渉を防ぐように高さがランダムに分布している。このことで、棚構造内部での干渉効果と、ランダム構造による回折効果により、広い角度領域で強烈な青を放つことができる。進化による最適化は、30 億年といわれる生命の歴史と 1000 万種と呼ばれる種の多様性のため、さまざまな形となって現れており、人類は数々のものを学び取ることができるだろう。

ヒトは太古の昔から自然のものを利用することで、装飾として構造色を利用してきた。わが国では7世紀に造られた玉虫厨子が有名であるが、その他にも貝殻を薄く切った螺鈿(らでん)による装飾、浮世絵の背景に使われた雲母刷りなどがよく知られている。最近になって、ナノテクノロジーの発展により微細な構造が造られるようになって、構造色の応用研究は急速に進んできた。塗装業界ではシリカなどの薄片の両面にTiO₂薄膜をコーティングした干渉性パール顔料、シリカを金属薄膜でコーティングした多重干渉性光輝材などが、塗装、化粧品などに広く使われている。また、多層に積み上げられた高分子材料を圧延した薄膜は、繊維、包装紙などに用いられている。特に、ナイロン6とポリエステルを積層させたファイバーはモルフォチヨウを再現する夢の繊維として知られている。さらに、光学活性な高分子材料はコガネムシを模倣するコレステリック液晶として、ディスプレイなどに期待されている。

しかし、現在のところ、構造色の応用は薄膜干渉や多層膜干渉といった単純なものに限られており、今後、規則性と不規則性の調和という新しい観点からの応用研究は是非とも必要である。自然界の構造色には、空間的な色混合、高次の干渉を用いた非スペクトル色など、見る側の視覚を利用した発色も多く見られている。魚などの発色にみられるような、周囲の環境に応じて発色波長を変化できる機構なども今後の大きな研究課題であろう。また、光の干渉に関係したマイクロな構造とサイズの大きな構造を階層的に組み合わせることによって、質感を表現していると見られる生物も多い。このような分野はまったくの未開拓な分野で、将来、質感をコントロールできるような薄膜を貼ることにより、絹の感触を表現できるディスプレイが登場する時代もそう遠くないだろう。

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
構造色の原理及びつやなど質感の物理機構の解明
自然界の構造色の多様性の探求
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
周囲の環境（温度、光強度など）により色彩変化できる構造発色材料の開発
質感を表現するディスプレイの開発

キーワード

構造色、光の干渉、光の回折、フォトニック結晶、多層膜干渉

(執筆者： 木下 修一)