

ナノ構造による「光の制御」

表面や内部にナノメートルオーダーの構造がある場合、光は均質な材料に入射したときとは異なる振る舞いをします。光学計測分野では、ナノ構造と光の相互作用によって生じるユニークな光学特性に注目した研究に取り組み、研究を通して得た計測・解析技術を支援事業に役立てています。ランダムな構造と周期構造での光学現象に着目した研究と、これらを活用した技術支援への取り組みについて紹介します。



光音技術グループ
主任研究員
海老澤 瑞枝

光学的機能を持つ身近なナノ構造へ

光の波長の数十分の1から数倍程度の構造では、構造のサイズ、形状、配置や材料によって、光学的な特性が劇的に変化します。

ナノ構造での光の振る舞いとして、シャボン玉の薄い膜での光の干渉や、光学メディアのピットと呼ばれる構造での光の回折はよく知られています。ほかにも眼鏡やディスプレイの反射防止、窓ガラス用遮熱シートや透明スクリーン、ヘッドアップディスプレイなど、ナノ構造の光学的機能の利用範囲は身近な製品にも広がっています。

ナノ粒子の凝集で散乱光の色を制御する

プロジェクターで画像を投影する際に、白色に見える面では画像がはっきり見えるのは、光が照射される物体の表面や内部で光が散乱するためです。そのため、スクリーンや表示デバイスでの見え方を調整するには、散乱体の光学特性を制御する必要があります。本研究では、銀ナノ粒子の凝集を制御することでフルカラーの散乱光を実現しました(図1)。直径30nm程度の銀ナノ粒子が分散した水は、普段目にする“銀色”ではなく、黄色に見えます。この発色現象は、銀ナノ粒子におけるプラズモンと呼ばれる電子の集団振動によるもので、ステンドグラスや切りガラスにも使われています。黄色に見える状態の銀ナノ粒子は、青色の光を照射すると粒子間で強い引力が生じます(図2)。この現象を利用し、光の照射時間による銀ナノ粒子の凝集制御法を確立しました(特開2017-042743)。粒子の濃度にもよりますが、最初の10分ほどで粒子が2、3個の塊になり、30分ほど照射すると十数個程度の塊になります。この間に散乱光は青から緑、赤と変化します。

現状では水に分散した銀ナノ粒子を対象にしていますが、有機材料への分散や凝集によって、塗料などへの応用が広がると考えています。また、化学的な変化を伴わない凝集方法のため、粒子の回収などへの活用の可能性もあります。

図1 (特開2017-042743)

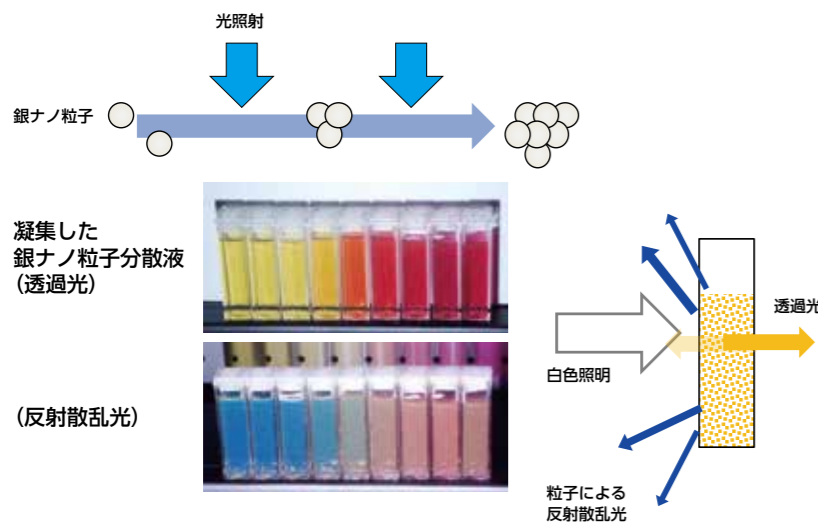


図2

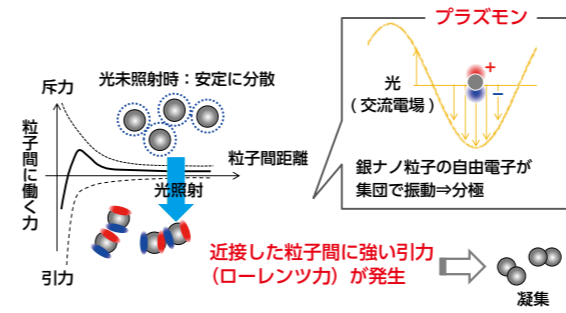
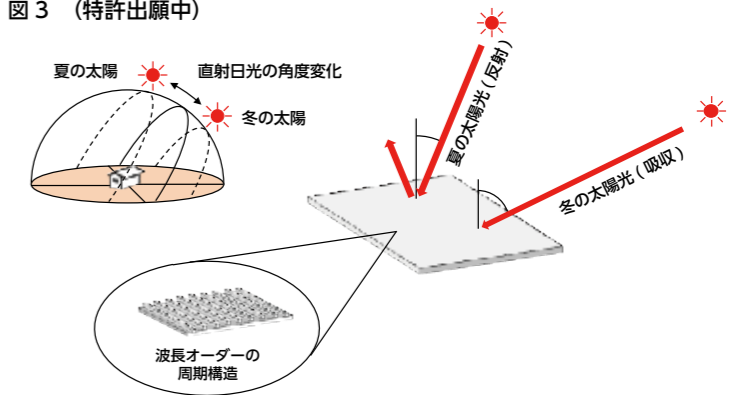


図3 (特許出願中)



金属の周期構造で日射の反射特性を制御する

屋外構造物が太陽光から受ける熱は、構造物の空調負荷に影響を与えます。特に季節によって寒暖差がある日本においては、夏は光を反射して涼しく、冬は光を吸収して暖かい構造物が理想的と言えます。本研究では、夏と冬の太陽高度の違いに着目し、光の入射角度によって反射・吸収特性の異なるナノ周期構造を設計しました(図3)(特許出願中)。設計の基準とする光の波長は、太陽光スペクトルの赤外光の中でエネルギーの高い800nmとしました。日中の光の入射角において、夏と冬とで反射率の差が大きくなる構造を目標とし、構造の最適化を行いました。設計には電磁場解析によるシミュレーションを用い、構造の材料や形状、サイズによって変化する光の回折や共振の効果を解析し、入射角ごとの反射率を計算しました。その結果、夏場の日中の太陽高度(天頂角40度以下)では反射率が高く、冬の太陽高度(天頂角40度以上)では反射率が低くなる構造を見出し、夏至と冬至の南中高度で約30%の反射率差を実現しています(図4)。

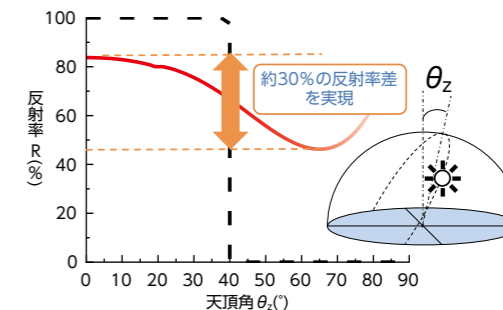
年間を通した太陽熱の制御により、住宅などの建築物を対象とした空調負荷の低減と快適性の向上を目指しています。同様に、屋外に設置される熱交換器や電子機器などの外装の温度変化が抑制され、温度管理が容易になる効果が期待されます。

測る+αの技術支援

依頼試験や機器利用で使用する装置で光学特性を実測することは、光の巨視的な現象を定量化するのに有効です。しかし、紹介した研究テーマのように、ナノ構造の微視的な光学現象を設計に組み込むためには解析やシミュレーションが不可欠になります。光学計測分野では、光学的な特性や現象を実測する計測技術と研究で得た解析技術を組み合わせる測る+αの技術支援を行っています。

ARコート、各種フィルターや偏光子などの光学解析や光学シミュレーションについては、依頼試験やオーダーメイド開発支援などのメニューをご利用いただけます。案件ごとに企業の皆さまと目的や前提を共有しながら経験を蓄積し、新しい事例にチャレンジし続けていきたいと考えています。研究内容や技術支援にご興味を持たれましたら、ぜひお気軽にお声がけください。

図4



光音技術グループ
副主任研究員
磯田 和貴



お問い合わせ
光音技術グループ(本部)
TEL 03-5530-2580