

2 連微小球の虹散乱とフォトニック結晶のブラッグ回折

科技団さがけ（東大先端研）、東北大学大学院工学研究科*、東京大学大学院工学系研究科**
宮崎英樹、宮寄博司*、宮野健次郎**

Rainbow scattering from micro-bispheres and its effect on the Bragg diffraction from photonic crystals

Hideki T. Miyazaki, Hiroshi Miyazaki *, Kenjiro Miyano**

PRESTO, JST (RCAST, The University of Tokyo)

* Dept. of Applied Physics, Tohoku University

** Dept. of Applied Physics, The University of Tokyo

我々は誘電体微小球の0～3次元系について、理論と対応の付きやすい制御された系を構築しながら、それぞれにどのような機能が期待できるのかを調べてきた。その過程で、微小球を積み上げて作製した多層フォトニック結晶が特異的に強いブラッグ回折を示す場合があることを見出した（前回報告）。この回折は、特に2層結晶で顕著で、回折効率は最大35%に達し、上下層をつなぐ2連球ユニットによって入射光が鏡面反射される方向に生じた。そこで今回はその原因を明らかにするため、2連球系の散乱特性を実験と計算により系統的に調べた。

走査電子顕微鏡に取り付けたマニピュレータを用いて、ITOを成膜したガラス基板の上に、様々な直径 ($D=0.47\sim 10.22\ \mu\text{m}$) の高分子 ($n=1.58\sim 1.59$) の垂直2連球を作製した。これに様々な入射角 θ で He-Ne レーザ ($\lambda=0.633\ \mu\text{m}$) の平行光を照射し、制限視野顕微回折法を用いて散乱パターンを観察した。サイズパラメータは $S(=\pi D/\lambda)=2.4\sim 51$ に相当する。その結果、 $S=8$ 以上の2連球において、強い鏡面反射光が一般的に生じることがわかった。鏡面反射光は、 S が小さな領域では $\theta=0\sim 40$ 度の全域で生じるが（図）、 S が大きくなるにつれて次第に発生領域がせまくなり、 $\theta=25$ 度付近だけとなる。一方、 $D=5.00\ \mu\text{m}$ ($S=24800$) の2連ガラス球 ($n=1.52$) についても、 $\theta=25$ 度付近で入射光の多くが鏡面反射に近い方向に屈折されて出射した。同様の鏡面反射光は他の屈折率 ($n=1.44, 1.85$) でも観察された。

また、 $S=1\sim 40$ の領域は波動光学により、 S の大きな極限については幾何光学に基づいて数値計算を行なったところ、実験とよく一致する傾向を確認できた。この鏡面反射は、幾何光学領域では、一種の虹（コースティック）であることがわかった。一方、波動光学計算により、この鏡面反射は形態依存共鳴とはあまり関係がないこともわかった。以上のことから、2連微小球系では、 S の小さな波動光学領域から虹の前駆現象が見え始めており、2層フォトニック結晶の特異的に強い回折は、ブラッグ回折と虹の方向が一致したときに生じると説明できる。近年発達してきたコロイド粒子の単層膜作製技術を用いると、容易に高品質の2層結晶が作製できると期待されるので、安価で高効率の透過型回折素子を実現できる可能性がある。

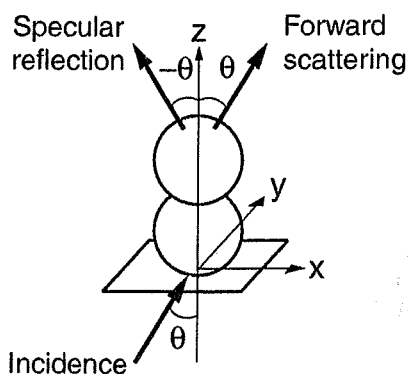


図 2 連微小球の散乱パターンの入射角依存性
 $D=2.02\ \mu\text{m}$, $n=1.58$, $\lambda=0.633\ \mu\text{m}$

