

連載第49回

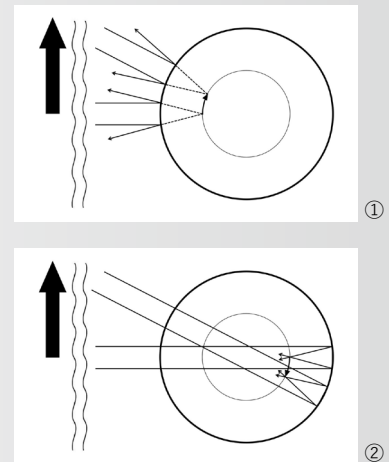
シャボン玉の光学

Optics of soap bubbles

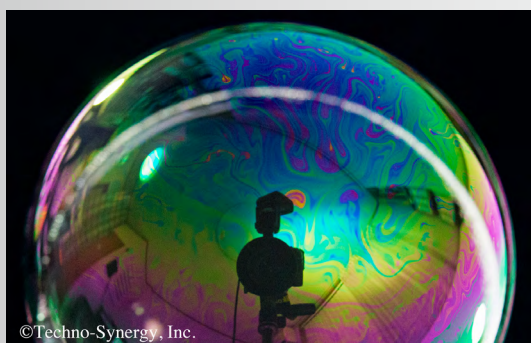
桑山 哲郎

Tetsuro KUWAYAMA

シャボン玉はその形と色で多くの人を魅了していますが、古くはニュートンが熱心に観察した記録が伝わっています。レンズの光学を教えてきた立場からは、シャボン玉についてぜひ付け加えたいことがあります。背後から光が射している状態でシャボン玉を見ると、上半分には上下がそのままの像、下半分には上下が反転した像が見えます。Fig.1は、光の反射法則に従った結像の図です。凸面鏡は凹レンズと同じ働きをして、上下正立した像を作り出します。その焦点距離は半径の1/2（符号は-）で、像は小さい球の上に生じます。一方シャボン玉の下半分で反射される光線を描いたのがFig.2です。凹面鏡は凸レンズと同じ働きで、上下倒立した実像が半径の1/2の球面上に作られます。なお、シャボン玉の周辺部では、もっと複雑な作図が必要になりますがその議論は割愛します。



③



④

Fig.1 シャボン玉上側の結像（凸面鏡）

Fig.2 シャボン玉下側の結像（凹面鏡）

Fig.3 屋外のシャボン玉

写真提供：テクノ・シナジー 田所利康氏

Fig.4 屋内のシャボン玉

写真提供：テクノ・シナジー 田所利康氏

この知識を元に、改めてシャボン玉に向かってみましょう。Fig.3は物理現象を美しい写真に記録する専門家、田所利康氏（テクノ・シナジー）に提供いただいた写真です。屋外での撮影で、上側と下側に家のシルエットが見えます。シャボン玉の膜厚がほぼ一様な状態で撮影されていて、膜の表面と裏面の反射光の干渉で、着色しています。この連載¹⁾でも解説している様に、干渉膜では光の入射する角度が大きくなると実効的な膜厚は薄くなります。この写真で、反射光が弱められる波長が中心から周辺に向かうと短くなるので、中央から周辺にかけて、反射光の色はシアン→マゼンタ→黄色と変化しています。光学薄膜の干渉色が従う法則が一目で分かります。なお、シャボン玉ができた直後には膜厚が各部分で大きく変化し、激しい色の変化が見えます。Fig.4は、室内で、背後の室内をストロボで照明して撮影した写真です。複雑な気流の影響で膜の厚さ分布による塗り分けが生じています。またカメラとストロボが背後の白い壁に対してシルエットになっています。撮影レンズの被写界深度が浅いので、対象物の一部にしかピントが合いません。シャボン玉を美しく撮影するには高度な技法が必要ですが、物理現象の魅力的なカラー写真が多数収められた著作²⁾のページを捲ると、楽しく学ぶことができます。

文献

- 1) 桑山哲郎：連載第46回「向きで色が変わる物体－光学薄膜」、色彩学, Vol.1 No.2, 66, 2022.
- 2) 大津元一監修, 田所利康著, 「イラストレイテッド 光の実験」, 朝倉書店 2016.