



シャボン玉の測定

—シャボン玉ができてから割れるまでの膜厚の追跡—

西南学院大学 人間科学部 児童教育学科
松村敬治

1. はじめに

子供から大人まで簡単に作れる美しいものは何か？と聞かれたら、「シャボン玉」と答える人も多いのではないだろうか。シャボン玉が人々を魅了する理由は色々あるが、主なものは、薄膜の表面の虹の輝き、ほぼ完璧な球体、割れるときの儚さなどに集約される。これまで筆者らは、シャボン玉の魅力と不思議を解明するために、セッケン膜やシャボン玉の膜厚の測定法を中心に研究¹⁻⁵⁾を進めてきた。我々が膜厚の測定法の確立にこだわる理由は、シャボン玉の美しさも、特殊な物性も、膜の薄さに由来すると考えるからである。

シャボン玉の干渉スペクトルによる膜厚決定は、2000年に Chattopadhyay⁶⁾が、2001年に Sarma と Chattopadhyay⁷⁾が行った。しかし、彼らの測定は、回折格子を稼働させるタイプの紫外・可視分光器を用いたので、約1分間の測定中に膜厚が変化して、干渉次数が定まらないという欠点を含んでいた⁸⁾。一方、我々は、従来型の分光器に比べて10万倍の速さで動作する小型マルチチャンネル分光器を用いてセッケン膜¹⁾とシャボン玉の膜^{2,3)}に対して干渉次数の定まる干渉スペクトルを測定して、それらの膜厚を高精度に決定することができた。特に、文献3)ではシャボン玉の透過光と反射光の干渉スペクトルを同時に測定して、入射光に対する固定端反射と自由端反射の位相の違いを直接示すことと、シャボン玉が生成してから割れるまでの膜厚の変化を測定することに成功した。更に、我々はシャボン玉やセッケン膜の干渉スペクトルを理論面から見直し⁴⁾、シミュレーションの精度を上げることで、膜厚の精密決定だけでなく、屈折率の波長依存性まで決定できることを示した²⁻⁵⁾。

本稿では、こうした研究をもとに、シャボン玉の干渉スペクトルの測定法と膜厚の決定法について解説する。

2. シャボン玉の干渉スペクトルの解析と膜厚の決定法

ここでは、シャボン玉などの薄膜による光の干渉について、最初に、高校物理の学習内容を参考にして解説し、続いて、干渉スペクトルの理論⁴⁾を基にした解析法について解説する。

2-1 高校物理の式を用いた干渉スペクトルの解析法

図1は、高校物理に出てくる、薄膜に起きる2種類の干渉についての図である。図1(a)は、透過光の干渉を示す図で、膜を透過してそのまま出て行く光①と、膜の中の面で2回反射して出て行く光②が重なって干渉が起きることを示している。一方、図1(b)は、反射光の干渉を示す図で、膜の表面で反射する光①と、膜の中の面で反射して出て行く光②が重なって干渉が起きることを示している。ここで、光①と光②の光路差は、薄膜の屈折率を n 、膜厚を d とし、光の入射角を i 、屈折角を r とすると、(a)と(b)のそれぞれの場合の干渉において、 $2nd \cos r$ となる。

一方、シャボン玉の干渉スペクトルの測定は、入射光を膜に対して垂直に入射させる条件で行っているため、その条件式($i = r = 0$)を代入すると、光①と光②の光路差は $2nd$ となる。それゆえ、入射