

平成 30 年 2 月 22 日

報道機関 各位

東北大学大学院理学研究科

## 多層膜中を透過する光に隠れた対称性を発見 ～100万通りの構造に対し、たった11通りの透過確率～

### 【発表のポイント】

- ランダムに並べた多層膜中の光の透過確率が取り得る値の種類が異常に少ない。
- 多重反射で複雑と思われていた、光の透過が一つの整数で記述できる。

### 【概要】

2種類の誘電体膜 A,B を N 層並べる場合の数は、2 の N 乗通りあるが、光の透過確率を計算すると、わずかに  $(N/2+1)$  通りしかありません (N が偶数の場合、膜厚は波長の  $1/4$ )。米国ライス大学の Haihao Liu さん (研究当時：東北大学理学部に短期留学)、東北大学大学院理学研究科物理学専攻 博士課程後期 3 年 M. Shoufie Ukhtary さん、齋藤理一郎教授は、ランダムに並べた構造の中にも隠れた対称性があり、同じ透過確率を与えることを見出しました。これは従来の光学の多重反射の概念では説明できない結果であり、且つ Haihao さんが短期留学中の 2 ヶ月という短期間の研究でわかった、常識を超えた驚くべき物理の発見です。

本研究成果は、2017 年 8 月 17 日「Journal of Physics: Condensed Matter」に掲載され、2017 JPCM spotlight 論文に選ばれました。これは、J. Phys. Cond. Matt. 誌に 2017 年に発表された論文の中で、卓越した論文がいくつかの分野で数編ずつ選ばれるものです。選考は、審査員からの推薦、論文の内容、オンライン上での反応、などを総合的に判断して行われました。

### 【詳細な説明】

Haihao さんらは、A と B の 2 種類の誘電体多層膜（膜厚が波長の  $1/4$ ）の電磁波の透過確率を計算しました（図 1）。多層膜が  $N$  層ある場合には可能な多層膜の構造は  $2$  の  $N$  乗通りあります。

電磁波は、異なる膜の境界面では反射（多重反射）が起こりますので、透過確率も、 $2$  の  $N$  乗通り考えられました。しかし、計算結果では透過確率の値は、わずかに  $(N/2+1)$  通り（ $N$  が偶数の場合、奇数の場合は  $N+1$ ）しかありませんでした（図 1）。例えば、 $N=20$  だと、多層膜の構造は  $2^{20}=100$  万通りありますが、計算で得られる透過確率はわずかに、 $11$  通りしかありません。

これは、多層膜の中に、同じ透過確率を与えるような、隠れた対称性があることを示しています。Haihao さんらは、この対称性を見つけ、さらに構成する多層膜に対して整数パラメータを定義し、整数パラメータを用いた透過確率の公式を導出しました。

この結果は、試行錯誤によって発見したのですが、複雑な多重反射が、一つの整数で記述できるということを示しています。このことは従来の光学の概念にない、驚くべき結果です。

### 【参考図】

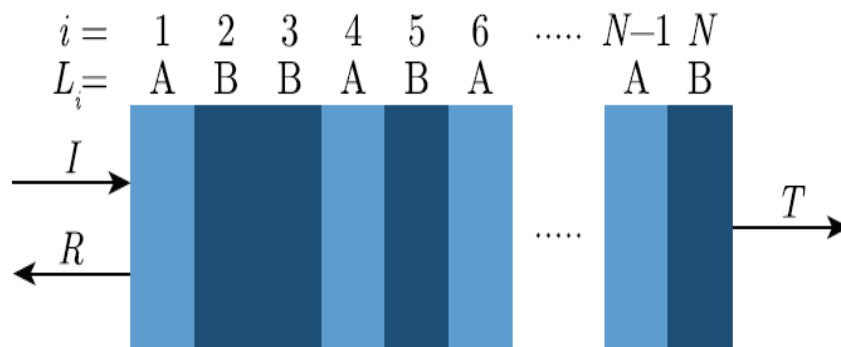


図 1. ランダムに  $N$  枚並べた A と B の 2 種類の誘電体多層膜への電磁波の入射、透過、反射の概念図。 $i$  は膜のラベル、 $L_i$  は膜の種類（A か B）、 $I$  は入射する電磁波、 $T$  は透過確率、 $R$  は反射確率を示す。 $2$  の  $N$  乗通りのすべての構造を計算すると、透過確率が取り得る値の種類は  $(N/2+1)$  通りしかなかった。

【論文情報】

Authors: Haihao Liu, M. Shoufie Ukhtary, and R. Saito  
Title: Hidden symmetries in N – layers dielectric stacks  
Journal: Journal of Physics: Condensed Matter  
DOI: 10.1088/1361-648X/aa865c  
Embargo date: 15 August 2017

【問い合わせ先】

<研究に関すること>

東北大学大学院理学研究科物理学専攻  
教授 齋藤 理一郎 (さいとう りいちろう)  
E-mail : rsaito@tohoku.ac.jp

<報道に関すること>

東北大学大学院理学研究科  
特任助教 高橋 亮 (たかはし りょう)  
電話 : 022-795-5572、022-795-6708  
E-mail : sci-pr@mail.sci.tohoku.ac.jp