

ミミズの表皮構造色のフォトリック結晶的取り扱い

植田 毅¹、大谷佳広²

¹千葉大学総合メディア基盤センター

263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

ueta@faculty.chiba-u.jp

²京都大学大学院 情報学研究科

606-8501 京都市左京区吉田本町

otani@mbbox.kudpc.kyoto-u.ac.jp

Photonic-Crystal like approach to Structural Color of the Earthworm Epidermis

Tsuyoshi UETA¹ and Yoshihiro Otani²

¹Chiba University, Institute of Media and Information Technology

1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba, 263-8522

²Graduate School of Informatics, Kyoto University

Yoshida Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501

Abstract: The epidermis of an earthworm has a woodpile structure of fibers, and exhibits a structural color. The structure is considered as a photonic crystal. In the present paper, optical properties of the epidermis of an earthworm have been investigated numerically by means of the analogy of the photonic crystal. The numerical method employed here is the periodic fast multipole method. The structural color is reproduced with the RGB color from the reflection spectrum.

Keywords: Earthworm Epidermis, Structural Color, Photonic Crystal, Log-pile Structure, Periodic FMM

1. はじめに

土の中に生息し、色とは無縁に思われるミミズ、ゴカイなどの環形動物はその表皮には虹色の構造色があることが知られている[1, 2]。宮本らはこの原因として、ミミズ、ゴカイの表皮のガラス膜に直径108~183nmのナノサイズ繊維が間隔 $d=86\sim 200\text{nm}$ で平行に並んだ格子構造が交互に直交するように15層~20層積層した構造を見出している。また、平均誘電率を用いた多層膜モデルで構造色の観察結果とよく一致する結果を得ている。

2. 解析モデル

本研究では、参考文献[1]、[2]に従い、ミミズの表皮構造を円筒形ガラスファイバーによる周期構造としてモデル化した。周期構造に電磁波の平面波が入射する問題を考え、特定の入射角に対して、入射波長とエネルギー反射率の関係（反射スペクトル）を求めた。支配方程式であるMaxwell方程式を解く数値解法は周期高速多重極法（periodic FMM）を用いた[3]。図1に示すように、水中に、 x_2 または x_3 方向を向いた円筒形ガラスファイバーを、 x_1 方向に6層積層させる。

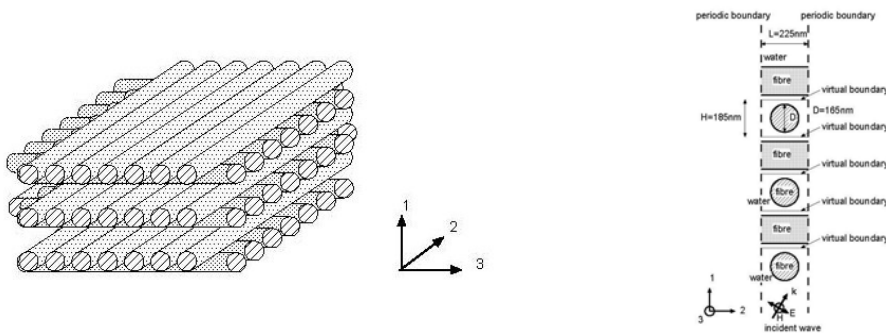


図 1: ミミズの表皮構造のモデル

ファイバー及び水の比誘電率はそれぞれ2.4964、1.7689とした。比透磁率はいずれも1とする。参考文献[1]の表1の値を参考にし、 x_2 、 x_3 方向のファイバー間隔 $L=225\text{nm}$ 、層間隔 $H=185\text{nm}$ 、ファイバーの直径 $D=165\text{nm}$ とした。

3. 解析結果

入射角が 0° 、 30° の場合の反射スペクトルを図 2、図 3 に示す。

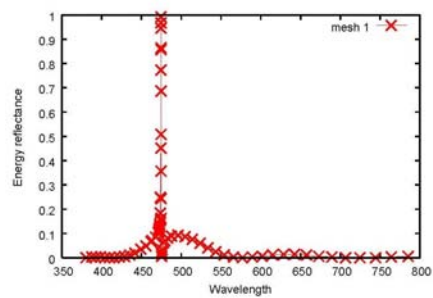
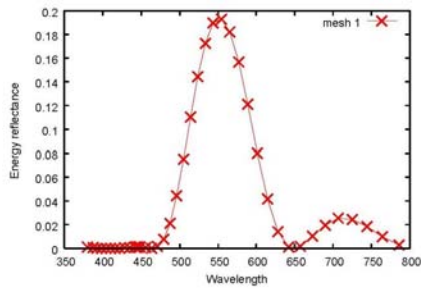


図 2: エネルギー反射率 (入射角 0°)

図 3: エネルギー反射率 (入射角 30°)

これらの図から求めた主ピークの波長と小作らが提案した多層膜模型の回折波長 λ_p との比較を表に示す。

表: 数値解析結果と多層膜模型の回折波長 λ_p の比較 (単位は nm)

入射角	多層膜モデル λ_p	数値計算主ピーク
0	540	550
30	467	500
40	413	450

両者は十分一致していると言える。また、スペクトルデータから RGB カラーにより構造色を再現すると、小作らによる観測と概ね一致していると言える。しかし、ミミズの反射特性のスペクトルを測定し、計算結果と直接比較する必要がある。

参考文献

- [1] 宮本潔, 小作明則: ミミズ、ゴカイ (環形動物) を彩る表皮繊維構造, 形の科学会誌, 20, (2005), pp. 167-168.
- [2] 小作明則, 宮本潔: 環形動物表皮に観察される構造色, 形の科学会誌, 17, (2002), pp. 121-122.
- [3] Y.Otani and N. Nishimura: A periodic FMM for Maxwell's equations in 3D and its applications to problems related to photonic crystals, J. Comp. Phys., Vol.227, (2008), pp.4630-4652.