

面直異方性カイラルメタマテリアル上の表面波

Surface Electromagnetic Waves on Bianisotropic Metamaterials

東北大工¹, 日大工² ○佐藤 智哉¹, 宮崎 博司¹, 神馬 洋司²Tohoku Univ.¹, Nihon Univ.², ○Tomoya Sato¹, Miyazaki Hiroshi¹, Youji Jimba²

E-mail: tomoya@olive.apph.tohoku.ac.jp

メタマテリアルとは入射波長より小さなメタアトムと呼ばれる微細な要素から成る人工構成物である。メタアトムの性質や形状を変えることで構造体全体の電氣的及び磁氣的応答の制御を可能とし、強い光学活性をもつカイラルメタマテリアル [1] など特異な光学応答を生み出すことができる。作製において金属微細加工技術を主流に化学やバイオなど多様なアプローチが成される一方、バルク体作製は微小なメタアトムを膨大な量作製せねばならないという困難も現状である。そこでバルクではなく 2 次元に着目し、メタマテリアル表面を伝う電磁波（表面波）についての研究が行われている。[2,3]

本研究はカイラルメタマテリアルを対象としている。カイラリティのある媒質中での光応答は、カイラルパラメータ κ を取り入れた構成方程式 $\mathbf{D} = \epsilon_0 \hat{\epsilon} \mathbf{E} + \frac{i}{c_0} \hat{\kappa} \mathbf{H}$, $\mathbf{B} = \mu_0 \hat{\mu} \mathbf{H} - \frac{i}{c_0} \hat{\kappa} \mathbf{E}$ で議論できる。今回の講演では、X-Y 平面上を境に媒質 1 と 2 が接する系において、それぞれが誘電率・透磁率・カイラリティについて、以下のように境界面内成分に対し面直 z 成分に異方性がある場合を取り扱う。

$$\hat{\epsilon}_{1,2} = \begin{pmatrix} \epsilon_{\perp} & 0 & 0 \\ 0 & \epsilon_{\perp} & 0 \\ 0 & 0 & \epsilon_{//} \end{pmatrix} \quad \hat{\mu}_{1,2} = \begin{pmatrix} \mu_{\perp} & 0 & 0 \\ 0 & \mu_{\perp} & 0 \\ 0 & 0 & \mu_{//} \end{pmatrix} \quad \hat{\kappa}_{1,2} = \begin{pmatrix} \kappa_{\perp} & 0 & 0 \\ 0 & \kappa_{\perp} & 0 \\ 0 & 0 & \kappa_{//} \end{pmatrix} \quad (1)$$

このような媒質境界において、 $\mathbf{E}_{(r)} = \{\mathbf{E}_{c(r)}^+ \exp(\mathbf{P}_c^+ \mathbf{Z}) + \mathbf{E}_{c(r)}^- \exp(\mathbf{P}_c^- \mathbf{Z})\} \exp\{i(\beta x - \omega t)\}$ と電場成分を定義する表面波が存在するかどうかを解析する。ここで β は表面波の波数ベクトル、 $P_{c1,2}$ は z 軸方向の減衰定数、添え字の $\pm$ は左右の円偏光状態を表している。

ここで、図 1 は真空-異方的カイラルメタマテリアル境界においてメタマテリアルの誘電率 ϵ と透磁率 μ を変化させたときの解析結果である。モデルは $\kappa_{\perp} = 1.0 \times 10^{-1}$ 、 $\kappa_{//} = 2.0\kappa_{\perp}$ とカイラリティが面内に対し 2 倍の面直異方性をもつ場合とし、 ϵ と μ は等方的とする。異方性がある場合は表面波の分散が大きい場合と小さい場合の 2 つのモードが存在できることが確認できる。講演では異方性カイラルメタマテリアル上の表面波に関して詳しく議論する。

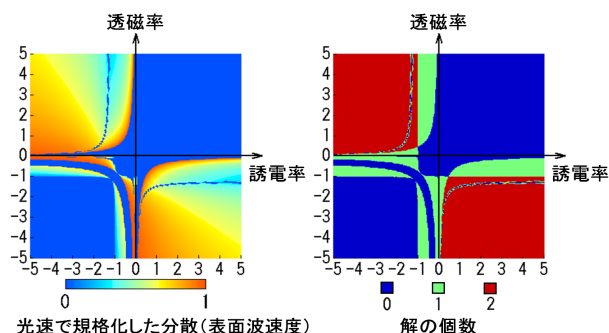


図 1: 異方的カイラルメタマテリアル境界における表面波存在領域（青色以外）を示す ϵ - μ 相図

- [1] Y. Tamayama, T. Nakanishi, K. Sugiyama, and M. Kitano, Opt. Express **16**, 25, 20869-20875 (2008)
- [2] A. V. Kats, Sergey Savel'ev, V. A. Yampol'skii, and Franco Nori, Phys. Rev. Lett. **98**, 073901 (2007)
- [3] Roland H. Tarkhanyan and Dimitris D. Niarchos Phys. Status Solidi **248**, 6, 1499-1504 (2011)