Osaka University Knowledge Archive

Title	Theoretical study on optical characteristics of photonic crystals
Author(s)	藤村, 嘉彦
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/57740
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【1】

氏　　名	藤　村　嘉　彦（ふじむらよしひこ）
博士の専攻分野の名称	博　士（理　学）
学　位　記　番　号	第　23280　号
学位授与年月日	平成21年6月18日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 生命機能研究科生命機能専攻
学　位　論　文　名	Theoretical study on optical characteristics of photonic crystals （フォトニック結晶の光学特性に関する理論的研究）
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　木下　修一 （副査） 教　授　近藤　寿人　　教　授　菊池　誠　　教　授　井上　康志

論　文　内　容　の　要　旨

フォトニック結晶の光学特性に関する理論的研究について書かれている。屈折率が異なる物質が周期的に並ぶとフォトニック構造を作り出し、その中に光の伝播を許さないバンドギャップが現れる。これらの光学特性を調べる際に、フォトニックバンド構造がどうなっているかを知ることは重要である。構造の光学特性を理論的に知りたい場合には、その構造の様子を細部まで加味し計算を行うのが最良の方法であるが、複雑な構造においては、そのすべてを記述しようとすると、情報量が発散してしまい数値計算に負担がかかる。そこで、光が構造をどのように捉えているかが重要となる。あまりに微小な構造については平均化し均一系として捉え、単なる平均値のみの情報が観察される。平均屈折率などマクロな物性量を算出する方法について様々な研究が行われてきたが、どれも構造に対し光の波長が明らかに大きいという前提で議論している。このことを受けて、本研究では、光の波長と構造のスケールの比によって均一視できるか否かの境界を決めた。このことを用いると、構造をより簡略化された構造に置き換えることができる。我々はその境界をバンド構造から決定した。分散関係に注目すると、波数が小さいときはこのバンドは直線的であり、波数が大きくなると徐々に直線から離れていくことがわかる。直線的なバンドは光が直進することを意味するため、構造を均一視している領域である。よって、バンドが曲がり始める境界をもとめることが、光が構造を認識できるかどうかの境になる。我々は平面波展開法を用い、様々な系に対しバンド構造を計算した。その結果、そのような境界が構造によって変化することがわかった。このことは、光が構造を均一とみなす範囲が、その構造によって変化することを意味する。

論文審査の結果の要旨

申請者は、本学位論文においてフォトニック結晶の光学特性に関する理論的研究を行った。フォトニック結晶は、屈折率が異なる物質が光の波長サイズで周期的に並んだ構造を指していて、エレクトロニクスに代わる新しいフォトニクス材料の中心をなすものとして、最近特に注目されている。また、フォトニック結晶は自然界でも孔雀などの羽根の中に自発的に作られ、構造発色の中心を担う構造として注目されている。

本論文は、大きく分けて二つの部分から成り立っている。一つは、フォトニック結晶のバンド計算から得られるフォトニックバンドギャップの大きさがどのような物理的要因で決まっているかを一次元、および、二次元結晶について議論し、その半定性的な理解を可能にしている点である。もう一つは、光の波長あるいはそれ以下の微小な構造体があるとき、光がその構造を見分けて応答するのか、あるいは、構造と周囲を平均化した均一構造とみなして振る舞うかを、フォトニックバンド構造の原点近傍の直線的な分散関係から理解しようとした点である。特に後者については、自然界にあるような不規則性を含む複雑な構造の場合、その細部まで加味し計算を行うのが最良の方法であるが、そのすべてを記述しようとすると、情報量が発散してしまい数値計算には多大な負担がかかってしまう。そこで、光学応答の物理的な考察から、その平均化が可能な領域の基準を与えることを目指したものである。実際、多くの系についてこのような平均化の手法は使われているものの、その正当性について定量的に議論したものはほとんどなかった。本研究は、フォトニックバンド計算を用いて、その基準を定量的に表わし、さらに、フォトニックバンドギャップの大きさとの関連を論じたもので、その内容は学問的に非常に高いと考えられる。実際こうして得られた計算結果を、これまで知られていたマクスウェル・ガーネットモデルなどの経験則と比較することにより、それぞれの経験則の適用範囲を明確に示すことができた点も興味深い。

以上のように、申請者はフォトニック結晶のフォトニックバンド構造を計算するだけでなく、その背後に含まれる物理的な内容を直観的に理解する新しい方法を編み出した点は大いに評価できる。よって、博士（理学）の学位論文として価値があるものと認める。