



Title	Nonlocal electromagnetic response for magnons in designed dielectric structures
Author(s)	加藤, 健太
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/92222
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。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。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (加 藤 健 太)	
論文題名	Nonlocal electromagnetic response for magnons in designed dielectric structures (デザインされた誘電体構造におけるマグノンの非局所電磁応答)
論文内容の要旨	
素励起と電磁波の空間構造のスケールが同程度のとき、電磁応答は素励起の波動性による非局所性が重要となる。素励起と電磁波の関係として、磁性体中に励起されるスピン波の準粒子であるマグノンとマイクロ波の結合が注目を集めている。マイクロ波共振器のデザインや磁性体内で空間構造を持つ電磁波－マグノン結合の研究がおこなわれており、応用研究観点からも関心が持たれている。しかし、微視的視点からマグノンの非局所を考慮した電磁応答の議論はまだ十分ではない。本博士論文では、微視的視点からスピン波の電磁応答を議論し、マイクロ波とスピン波の空間的相関という新たな自由度をデザインすることで、両者それぞれの新たな制御法を提案することを目的とした。 マグノンのこれまでの研究を紹介した第 1 章に引き続き、第 2 章では、微視的視点からマグノンの非局所性をあらわに考慮した電磁応答理論を定式化した。第 3 章では、非局所応答理論に基づいて磁性体単層膜とフォトニック結晶におけるマグノン－マイクロ波結合についての議論をした。両波動の空間構造を反映した相互作用により、長波長近似領域では励起出来ないマグノンモードが励起可能であることを明らかにした。また、非局所性応答理論では電磁波と場の応答を自己無撞着に取り扱うため系の散逸効果が自然に取り込まれる。その結果、非エルミート系に現れる Level-Attraction に類似した電磁応答を得た。これらの結果は電磁波による新たなスピントクスチャの生成とマグノンによる電磁波位相制御が可能であることを示している。一方、マグノン－マイクロ波結合の実現には mm スケールの磁性体や共振器構造が必要になる。第 4 章では厚い磁性体/誘電体/薄い磁性体の積層構造に着目した。厚い磁性体がマグノンのアンテナの役割を果たすことで、マグノンスピン流の増強と厚い磁性体の持つ「高速な正負の群速度」などの豊富な特性がナノスケールの磁性体中でも顕れることを明らかにした。 以上の結果は、非長波長領域での新たなマグノン物理の提案と、スピン波－電磁波結合を用いた高速スピントロニクスデバイスの集積化の実現につながるものである	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (加藤 健太)			
論文審査担当者	(職) 氏 名		
	主 査	教 授	石原 一
	副 査	教 授	茅田 博一
	副 査	教 授	芦田 昌明
論文審査の結果の要旨 磁性体の素励起であるマグノン（スピン波の量子であり、情報担体としてスピンを運ぶことが出来るため、ジュール熱が発生しない低電力消費の新しいデバイス実現への鍵になると期待されている。また、マグノンと電磁波の結合状態であるマグノン‐ポラリトンの形成は、マイクロ波とマグノンの相互制御技術に応用可能な現象として、基礎、応用の両面でその研究が盛んになりつつある。 論文提出者の加藤は、マグノンも電磁波も波動としての空間構造を持ち、これらの相互作用はその空間的相関によって多様に変化することに着目し、試料や印加電磁波のパラメーターによる自由度の高い相互制御法の提案を目指して、マグノン‐ポラリトンの微視的非局所応答理論の構築を試みた。またその理論を駆使し、マグノン‐ポラリトンの新奇な様態の探索と、それによる新しい機能の理論提案に取り組んだ。 提出論文においては、従来の理論を包含し、かつ微視的非局所応答を適切に取り入れた理論的枠組が構築されたことが示された。さらに、その理論を駆使することにより、磁性体単層膜とフォトニック結晶におけるマグノン‐マイクロ波結合に関する議論を行い、両波動の空間構造を反映した相互作用により、長波長近似領域では励起出来ないマグノンモードが励起可能であることを明らかにした。また、非局所性応答理論では電磁波と場の応答を自己無撞着に取り扱うため系の散逸効果が自然に取り込まれるが、その帰結として、非エルミート系に現れるLevel-Attractionに類似した電磁応答が現れることを見出している。さらに、厚い磁性体を基板として用いることでマイクロ波に対するアンテナの役割を持たせ、本来、マイクロ波と十分結合できない磁性体ナノ薄膜に、バルク磁性体で生じるのと同様な「高速な正負の群速度」などの現象が、ナノスケールの磁性体中でも顕れることを明らかにした。これらの結果は非長波長領域での新たなマグノン物理の理解と開拓、及び、その機能の応用可能性を示しており、将来の高速スピントロニクスデバイスの発展に貢献するものである。 よって、本論文を、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。			