

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		ボーズ粒子系でのトポロジカル輸送現象の基礎理論とその物性現象への応用			
研究テーマ (欧文) AZ		Theory of topological transport of bosons and associated phenomena			
研究氏 代 表 名 者	カタカナ CC	姓)ムラカミ	名)シュウイチ	研究期間 B	2011 ~ 2012 年
	漢字 CB	村上	修一	報告年度 YR	2013年
	ローマ字 CZ	Murakami	Shuichi	研究機関名	東京工業大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		東京工業大学・大学院理工学研究科・教授			
概要 EA (600字~800字程度にまとめてください。)					
<p>強磁性体中のスピン波はバンド構造を形成するが、そのバンド構造にはゲージ場の構造が付随し、ベリー曲率で特徴づけられる。本研究では、磁性体に人工的な周期性を導入したマグノニック結晶と呼ばれる系についてゲージ場の構造の定式化を初めて行った。特にその構造をうまく選ぶことにより、バンド構造とそれに付随するベリー曲率の構造をデザインすることができ、ある場合には量子ホール系と同様のトポロジカルな相が出現することを初めて示した。この場合にはベリー曲率の積分であるチャーン数がゼロでない整数となり、そのチャーン数がトポロジカルなエッジ状態の個数を表わす。</p> <p>考えた構造は以下の2種である。第一にはある強磁性体の中に、それと飽和磁化の異なる強磁性体を柱状に周期的に並べたものを考えると、その空間周期が変わることによりトポロジカル相が変化し、トポロジカルな相においてはそれに特有のエッジ状態が出ることを示した。</p> <p>第二には強磁性体の薄い円板を周期的に並べた構造を考えた。この構造は、円板が数個集まってクラスタをなし、それが周期的に配置されたものである。面に垂直な磁場の強さにより、平衡状態のスピン配置が全てのスピンの磁場に沿った方向に並ぶ場合と、スピンの渦状になる場合とがある。いずれの場合についてもスピン波のバンド構造とそのベリー曲率を計算することにより、各バンドに対してチャーン数を計算できた。特に、トポロジカル相の変化とそれに伴うトポロジカルエッジ状態の変化を計算した結果、電子系とのアナロジーによりそのトポロジカル相の起源を説明できた。</p> <p>また同様のトポロジカル相の候補として、金属表面の表面プラズモンについて計算を行った。本研究ではそのための準備として、1次元プラズモニック結晶についてバンド構造のエルミート行列を用いた再定式化を行った。従来のバンド構造の定式化はエルミート行列を用いていなかったため、ベリー曲率の計算には不向きであった。こうした再定式化を2次元プラズモニック結晶に適用することで、ゲージ場の構造を定義できると期待される。</p>					
キーワード FA	トポロジー	スピン波	プラズモン	物性理論	

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	Hermitian two-band model for one-dimensional plasmonic crystals							
	著者名 ^{GA}	Yuji Kitamura and Shuichi Murakami	雑誌名 ^{GC}	Physical Review B					
	ページ ^{GF}	045406-1~045406-7	発行年 ^{GE}	2	0	1	3	巻号 ^{GD}	88 (04)
雑誌	論文標題 ^{GB}	Chiral spin-wave edge modes in dipolar magnetic thin films							
	著者名 ^{GA}	R. Shindou, J. Ohe, R. Matsumoto, S. Murakami and E. Saitoh	雑誌名 ^{GC}	Physical Review B					
	ページ ^{GF}	174402-1~174402-15	発行年 ^{GE}	2	0	1	3	巻号 ^{GD}	87 (17)
雑誌	論文標題 ^{GB}	Topological chiral magnonic edge mode in a magnonic crystal							
	著者名 ^{GA}	R. Shindou, R. Matsumoto, S. Murakami, J. Ohe	雑誌名 ^{GC}	Physical Review B					
	ページ ^{GF}	174427-1~174427-11	発行年 ^{GE}	2	0	1	3	巻号 ^{GD}	87 (17)
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要^{EZ}

Spin waves in a ferromagnet form band structure. This band structure is endowed with gauge field structure and characterized by Berry curvature. In this research, we study gauge-field structure in magnets with artificial periodicity, called magnonic crystals. The band structure and corresponding Berry curvature can be designed by changing the periodicity. In particular, we show that in some magnonic crystals, some bands can have nontrivial topological numbers, leading to topological phases similar to quantum Hall systems. In this case the integral of the Berry curvature called the Chern number becomes nonzero, and it represents a number of topological edge modes.

We consider two kinds of structures for magnonic crystals. First we consider a bulk ferromagnet, within which pillars of another ferromagnet with different saturation magnetization are periodically arranged. When the period is changed, the topological phases are shown to change; thereby characteristic topological edge states are formed.

Second, we consider an array of thin ferromagnetic disks. The structure considered consists of clusters, composed of several disks. An equilibrium structure is either a collinear ferromagnetic spin structure along the magnetic field, or a vortex-like spin structure, depending on the magnetic field strength. We calculate the Berry curvature and Chern numbers for both cases. We also calculate how the topological phases and corresponding edge states change as the magnetic field is changed. The origin of the topological phases is interpreted in analogy with electronic systems.

We also study surface plasmons in metal surfaces, in the context of possible topological phases. In the present research, we reformulate the band structure for one-dimensional plasmonic crystals, using hermitian matrices. The existing formulations for plasmonic band structure are based on non-hermitian matrix, for which formulation of Berry curvature is almost impossible. Such hermitian formulation is expected to be necessary for calculating Berry curvature in two-dimensional plasmonic crystals.